

# مَسَاقِطُ الْجَنَاطِ

عميد بحري  
نقولا ابراهيم

بكالوريوس مع مرتبة الشرف في الرياضيات

الناشر // منشأة زلفا بالاسكندرية  
بجلال حزي وشركاه



## تقديم

تثبت هذا المؤلف ليحل محل كتابي السابق في نفس الموضوع بعنوان  
« مساقط الخرائط الجغرافية » . ولم أكن أتخيل أن نسخ الكتاب السابق سيقذف  
بتلك السرعة خصوصا وأن المهتمين بهذا الموضوع والدارسين له مازالوا قليلون.

وفي هذا المؤلف أضفت مجموعة المساقط الخاصة بخرائط الحائط وخرائط  
المساحة الى مساقط خرائط الأطلس حتى يصبح الكتاب شاملا لجميع أنواع  
الخرائط .

وهذا الكتاب يشرح فكرة المساقط وطرق تشكيلها والقواعد الهندسية  
لإنشائها وطرق تنفيذ الأنواع الرئيسية منها وهي مادة ضرورية لدارسي الجغرافيا  
والخرائط والملاحة والمساحة كما يهتم بالدرجة الأولى المشتغلين بهندسة  
الخرائط .

والدراسة النظرية للمساقط المقدمة في هذا الكتاب تعتمد على بعض المراجع  
باللغة الانجليزية ذكرتها في نهاية الكتاب . ولكن التطبيقات العملية هي حصيلة  
خبراتي الخاصة في مجال إنشاء الخرائط خلال عمارتي لأعمال المساحة  
والكارتوجرافيا بالادارة الهيدروجرافية للادميرالية البريطانية بالقوات البحرية  
وبالمساحة المصرية وأيضا من خلال تدريس هذه المادة لسنوات عديدة .

والاصلوب العلمي الذي يتبعه معظم المساقط يعتمد على الرياضيات المتقدمة  
خصوصا مساقط خرائط الأطلس وخرائط الحائط - ولكن عند دراسة مساقط

الخرائط المساحية للأرض الشبه كروية فلا يوجد مفر من استخدام الرياضيات المتقدمة .

وتتميز الحسابات في أمثلة هذا الكتاب بسهولة إجرائها على الحاسب الإلكتروني اليدوي المعتاد بدلا من استخدام اللوغاريتمات كما كان متبعها من قبل. ولذلك وضعت كثير من العلاقات التي تشكل المسائط في صورها الأصلية المبسطة دون تحويلها إلى الصور اللوغاريتمية المطولة ، كما تتميز الحسابات بالدقة العالية المتوفرة حاليا في الحاسبات الالكترونية اليدوية — كذلك استخدمت اللوغاريتمات للأساس ١٠ بدلا من الأساس ١٠٠ سهولة الحصول عليها .

ما زال هذا الكتاب الوحيد باللغة العربية ولذلك تم تزويده بقائمة المصطلحات المستخدمة وما يقابلها باللغة الإنجليزية . وبالكتاب ملحقين : الأول يشرح بعض طرق رسم القطع الناقص وهو الشكل الذي يظهر كثيرا في المسائط ، والثاني به بعض قوانين حساب المثلثات المستوية حتى تساعد على متابعة استخراج العلاقات الرياضية للمسائط .

أرجوا أن تكون مساهمتي بتقديم هذا الكتاب قد سدت الفراغ الشاغر في المكتبة الجغرافية والمساحية والكارتوجرافية وأن أكون قد أمددت كل المهتمين والمهتمين بصناعة الخرائط بمرجع كانوا دائما في حاجة إليه وأن أكون قد وفيت باحتياجات مدرسي ودارسي العلوم الكاروتوجرافية في الجامعات العربية .

## محتويات الكتاب



# محتويات الكتاب

صفحة

## الباب الأول

١

تعريف

## الباب الثاني

٢

أقسام المساحة

## الباب الثالث

٩

أنظمة الاحداثيات

٩

الشكل الهندسي لسطح الأرض

١١

الاحداثيات على سطح مستوى

١٣

الاحداثيات على سطح الأرض

١٤

خطوط الطول

١٦

زاوية الطول

١٦

خطوط العرض

١٨

زاوية العرض

١٨

تعيين موقع مكان على سطح الأرض

١٩

حساب المسافات والمساحات على سطح الأرض

## الباب الرابع

### المساقط المعدلة

٢٥	المسقط الكروي
٢٥	مسقط مولفايدى
٢٧	مسقط سانشون فلامستيد (المسقط الجيدى)
٣٥	مسقط كافرايسكى
٤٠	مسقط فاندري جرينتن
٤٣	المساقط المنقطعة
٤٨	

## الباب الخامس

### المساقط الاسطوانية

٤٩	المسقط الاسطوانى البسيط
٤٩	المسقط الاسطوانى متساوى المساحات
٥١	المسقط الاسطوانى النشأى (مسقط مركب)
٥٤	

## الباب السادس

### المساقط الانحامية

٦١	المسقط المركزى
٦٥	المسقط المركزى القطبى
٦٦	الطريقة البيانية لرسم المسقط المركزى القطبى
٦٩	المسقط المركزى الاستوائى
٧٠	

- ٧٨ ... الطريقة البيانية لرسم المسقط المركزي الاستوائى
- ٨٠ ... المسقط المركزي المنحرف
- ٨٢ ... الطريقة البيانية لرسم المسقط المركزي المنحرف
- ٨٤ ... المسقط الاستريوجرافى ( المجسم )
- ٨٦ ... المسقط الاستريوجرافى القطبى
- ٨٩ ... الطريقة البيانية لرسم المسقط الاستريوجرافى القطبى
- ٩٠ ... المسقط الاستريوجرافى الاستوائى
- ٩٣ ... الطريقة البيانية لرسم المسقط الاستريوجرافى الاستوائى
- ٩٥ ... المسقط الاستريوجرافى المنحرف
- ١٠٥ ... الطريقة البيانية لرسم المسقط الاستريوجرافى المنحرف
- ١٠٧ ... المسقط الأورثوجرافى
- ١٠٩ ... المسقط الأورثوجرافى القطبى
- ١١١ ... الطريقة البيانية لرسم المسقط الأورثوجرافى القطبى
- ١١٢ ... المسقط الأورثوجرافى الاستوائى
- ١١٦ ... المسقط الأورثوجرافى المنحرف
- ١٢٠ ... المسقط الاتجاهى متساوى المسافات
- ١٢٤ ... المسقط الاتجاهى متساوى المسافات القطبى
- ١٢٦ ... المسقط الاتجاهى متساوى المسافات الاستوائى
- ١٣٠ ... المسقط الاتجاهى متساوى المسافات المنحرف
- ١٣٣ المساحة الاتجاهية باستخدام الأبعاد والاتجاهات على سطح الأرض

## الباب السابع

١٤٣	المساقط المخروطية
١٤٥	المسقط المخروطى البسيط
١٤٨	المسقط متعدد المخاريط
١٥١	المسقط المخروطى بعرضين رئيسيين
١٥٥	المساقط المخروطية متساوية المساحات
١٥٨	مسقط لامبرت المخروطى متساوى المساحات الاول
١٦٢	مسقط لامبرت المخروطى متساوى المساحات الثانى
١٦٦	مسقط بون
١٧١	المسقط المخروطى متساوى المساحات بعرضين رئيسيين
١٧٥	المسقط المخروطى التشابهى
١٨٠	المسقط المخروطى التشابهى بعرضين رئيسيين
١٨٥	الشاء المساقط المخروطية باستخدام الاحداثيات المتعامدة

## الباب الثامن

٢١١	مساقط الخرائط الملاحية
٢١٣	زاوية العرض الجغرافى
٢١٤	زاوية العرض المركزى
٢١٦	المسافة على خط الطول
٢٢١	المسافة على دائرة عرض

٢٢٥	... .. مسقط مركبتور للأرض الشبه كروية
٢٣١	... .. المسقط الاستووي للأرض الشبه كروية
٢٤٠	... .. المسقط المخروطي التثايفي للأرض الشبه كروية
٢٤٨	... .. مسقط مركبتور المستعرض للأرض الشبه كروية
٢٥٥	... .. تطبيق مسقط مركبتور المستعرض في المساحة المصرية
٢٥٨	... .. حساب الاحداثيات في المساحة المصرية

## الباب التاسع

٢٦٢	تاريخ مساقط الخرائط
٢٦٣	... .. مساقط بطليموس
٢٦٦	... .. مساقط عصر النهضة
٢٦٧	... .. مسقط مركبتور
٢٦٩	... .. مساقط القرن الثامن عشر

## الباب العاشر

٢٧١	اختيار المسقط
٢٧١	... .. علاقة المسقط بالموقع
٢٧٣	... .. علاقة المسقط بالعرض المطلوب منه عمل الخريطة
٢٧٧	... .. علاقة المسقط باتساع وشكل المنطقة المطلوب رسمها
٢٧٩	... .. اختيار المسقط مع مراعاة شكل هيئة الجغرافيا

## الباب الحادى عشر

طريقة رسم قطع ناقص	٢٨١
بعض قوانين حماب المثلثات المستوية	٢٨٥
قائمة المصطلحات	٢٨٨
المراجع	٢٩١

## الباب الأول

### تعريف

الأرض كروية الشكل . ولكي يوجد لدينا نموذجاً للأرض نتدارس عليه معالمها وخواصها ، يحسن أن يكون هذا النموذج كروي الشكل أيضاً .

ولكن عند استخدام سطح كروي كنموذج للأرض ، نتعرض لبعض المشاكل والمتاعب . فالنموذج الكروي المناسب الحجم الذى يبين بعض تفاصيل حدود القارات والمحيطات يجب ألا يقل حجمه عن حجم غرفة مثلاً . وبالتالي لبيان تفاصيل أكثر — كتلك الموجودة داخل القارات أو في قاع المحيطات — يجب أن يتزايد حجم النموذج الكروي ويصبح غير عملياً .

والنموذج الذى يمثل سطح الأرض يستخدم عادة لتخطيط بعض العمليات — كترسيم خطوط ملاحية للطائرات مثلاً ، — أو التعرف على مساحة منطقة من العالم — أو لقياس المسافات بين العواصم المختلفة — الى آخر ذلك من الاستخدامات المعروفة . والنموذج الكروي لا يساعد على اتمام هذه العمليات إذ أن أجهزة وأدوات الرسم والقياس كالمسطرة والبرجل والمنقلة لا تستخدم إلا على السطوح المستوية .

من هنا ظهرت الحاجة الى رسم الخرائط على السطوح المستوية . فعلى سطح مستوى يمكن رسم العالم كله أو أجزاء منه بالمقياس المطلوب وبالأبعاد المطلوبة .

من انتمحيل تطبيق سطح مسطوح مثل سطح الخريطة على سطح كروي مثل سطح الأرض ، ولذلك تصبح المعالم المرسومة على سطح الخريطة غير مطابقة تماما للمعالم المرسومة على سطح الكرة الأرضية . ويقصد بعدم التطابق أن العناصر الهندسية لمعالم سطح الأرض لا بد وأن يصحبها بعض التغير عند تمثيلها على سطح الخريطة .

والعناصر الهندسية لأي شكل هي :

١ — المسافات

٢ — الاتجاهات

٣ — المساحات

ولقد تبين أنه على سطح الخريطة يمكن الاحتفاظ ببعض العناصر الهندسية مطابقة لنظيراتها على سطح الأرض ، ولكن لا يمكن الاحتفاظ بجميع العناصر الهندسية بالصورة المطابقة .

هذه العملية أشبه إلى حد كبير العلاقة بين شكل مجسم وصورته الفوتوغرافية فالصورة لن تمثل المجسم كما يمثله تمثال ، كما وأنه على الصورة الفوتوغرافية لا يمكن بيان جميع العناصر الهندسية للمجسم مطابقة تماما للأصل .

تسمى عملية نقل شكل المعالم من سطح الأرض الكروي إلى سطح الخريطة المستوي بعملية الإسقاط — وهو تعبير هندسي — .

ويسمى للشكل الناتج على الخريطة بالقط .

## الباب الثاني

### أقسام المساقط

كلمة أسقاط المستخدمة في هذا العلم لها معنى شامل ويقصد بها التمثيل على السطح المستوي للخريطة سواء أكان هذا التمثيل بطريقة الإسقاط المنظور أو الإسقاط الهندسي أو بغيرهما .

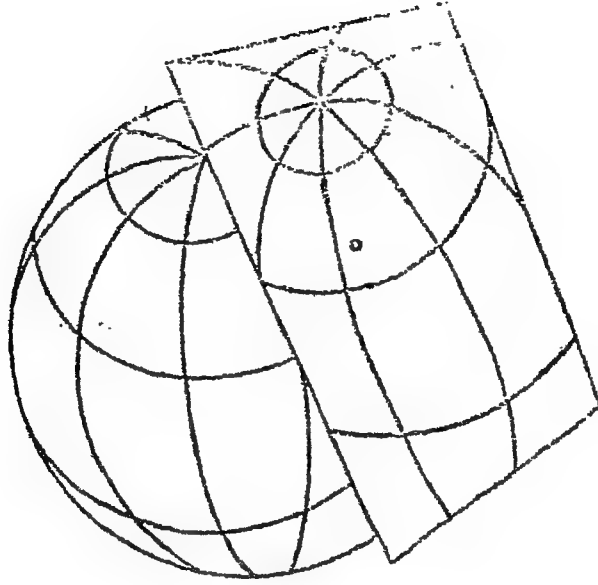
لنأخذ مثالا : دعنا نتصور وجود مصدر ضوئي مشع عند مركز الكرة الأرضية ونتصور أيضا وجود لوحة مستوية عند القطب الشمالي . يلقى مصدر الضوء ظلالا لخطوط الطول والعرض على اللوحة المستوية ، كما يلقى أيضا ظلالا لحدود القارات مع المحيطات .

ستظهر خطوط الطول على اللوحة المستوية خطوطا مستقيمة متقابلة عند نقطة القطب ، وستظهر دوائر العرض على هيئة دوائر مركزها القطب . ولو أن دوائر العرض متساوية البعد على سطح الأرض إلا أن ظلالها الناتجة على اللوحة المستوية ستباعد كلما ابتعدنا عن نقطة القطب .

يمكن تغيير موضع مصدر الضوء ويمكن أيضا تغيير موضع اللوحة المستوية ومع كل تغيير نحصل على شكل جديد من الظلال . فمصدر الضوء يمكن نقله إلى القطب الآخر للأرض كما يمكن وضعه خارج الكرة الأرضية على امتداد خط القطبين وفي مواضع مختلفة . ومع كل موضع جديد لمصدر الضوء نحصل على شكل جديد من الظلال .

تسمى الأشكال الهندسية الناتجة بتلك الطرق بالمساقط المنظورة لأنها تأخذ شكل

المنظور من العين كما تسمى مصافط اتجاهية لأن الانحسارات على سطح اللوحة المستوية عند موضع تماس اللوحة مع سطح الأرض ، تكون مطابقة للاتجاهات على سطح الأرض .



شكل (١)

مسقط منظور

يمكن تغيير موضع اللوحة المستوية على سطح الأرض . فعندما تكون اللوحة عند القطب يسمى المسقط الناتج قطبي ، وعندما تكون اللوحة ملاصقة لخط الاستواء يسمى المسقط الناتج استوائى ، وعندما تماس اللوحة سطح الأرض عند موضع بين القطب والاستواء يسمى المسقط الناتج منحرف .

في المثال السابق يتضح معنى الإسقاط . ولكن المساقط المنظورة لا تفي بالأغراض المختلفة المتعددة المطلوب من أجلها عمل الخرائط ؛ لذلك تعدل

المساقط بطرق هندسية لتأخذ أشكالاً جديدة نبي بالأعراض المطلوبة . وهذه التعديلات تحقق خصائص جديدة مثل الاحتفاظ بالمساحات الصحيحة ، بمعنى أن مساحة منطقة على الخريطة تساوى مساحة المنطقة المناظرة على سطح الأرض كما تحقق تلك التعديلات أحيانا الاحتفاظ بالمسافات الصحيحة .

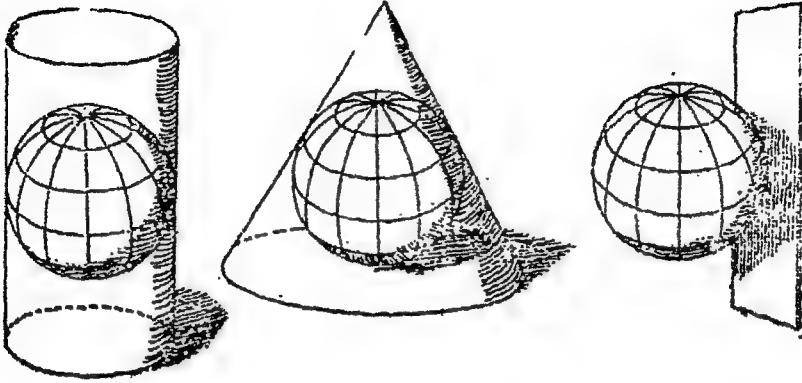
في المساقط الاتجاهية كان مستوى الخريطة مماساً لمستوى سطح الأرض عند نقطة . ولذلك تسقط المنطقة الصغيرة من سطح الأرض حول تلك النقطة إلى سطح الخريطة ممثلة تمثيلاً جيداً . وكلما ابتعدنا عن نقطة التماس تأخذ الأخطاء سمياًها للظهور تدريجياً وبخلاف الشكل على الخريطة عن الشكل الأصلي على الأرض ويوصف الشكل بالتشويه .

ولزيادة الرقعة الممثلة على الخريطة تمثيلاً جيداً يمكن لف الخريطة حول سطح الأرض لتأخذ شكل اسطوانة وعندئذ تظهر المنطقة المحيطة بدائرة التماس في أحسن شكل ثم يبدأ التشويه تدريجياً ويتزايد بالابتعاد عن دائرة التماس . وبالطبع لا تستخدم الخريطة وهي في الشكل الاسطوانى بل يمداد تسطيحها ثانية . ويسمى المسقط الناتج بذلك الطريقة مسقط اسطوانى .

يتم الحصول على المساقط المخروطية بطريقة مماثلة للمساقط الاسطوانية ولكن في تلك الحالات تلف الخريطة متخذة شكل مخروط وعندئذ تكون دائرة التماس بين الخريطة والأرض دائرة ضغرى .

هناك إلى جانب هذه الأنواع من المساقط ، مساقط أخرى يتم تصميمها لتحقيق خصائص معينة ومعظم تلك المساقط على غاية من الأهمية . وأسمى المساقط بتلك الطريقة مساقط معدلة وهي تختلف في طريقة انشائها عن المساقط الاتجاهية

والاصطوانية والمخروطية . ويتم بوضع قواعد هندسية تتحكم في الشكل الناتج وأحيانا تأخذ المساقط الممدلة اشكالا غير الاشكال المألوفة في المساقط المعتادة .



مسطط اسطوانان

مسطط مخروطي

مسطط اتجاهي

## شكل (٢)

لا يوجد تقسيم واضح وقاطع لمجموعات المساقط ولكن يمكن تقسيمها من نواحي مختلفة .

اولا : تبعا للمنطقة التي يمكن بيانها على المسقط :

- ١ - مساقط خاصة برسم العالم
- ٢ - مساقط خاصة برسم نصف الكرة الارضية
- مساقط خاصة برسم قارة أو محيط أو اقليم

ثانيا : تبعا لشكل لوحة الاسقاط

- مساقط مخروطية
- ٢ - مساقط اسطوانية

٣ - مساقط مستوية ( اتجاهية )

ثالثا : تبعا لمطقة تماس لوحة الاسقاط مع سطح الارض

١ - مساقط قطبية

٢ - مساقط اسطوانية

٣ - مساقط منحرفة

رابعا : تبعا لطريقة الاسقاط

١ - مساقط منظورة

٢ - مساقط معدلة

٣ - مساقط تجمع بين المنظور والمعدل

خامسا : تبعا للخصائص الهندسية للشكل الناتج

١ - مساقط اتجاهية

٢ - مساقط تشابعية

٣ - مساقط متساوية المسافات

٤ - مساقط متساوية المساحات

وعادة يخضع المسقط لصفتين من الصفات الميينة في الاقسام الخفة السابقة  
ويتكون اسم المسقط من مقطعين . فيقال المسقط المخروطي المتساوى المساحات  
ويقال المسقط الاتجاهى متساوى المسافات

وكثيرا من المساقط لا يزال يحتفظ باسم صانعه الاول مثل مسقط مركبتور  
ومسقط مولفايدى .



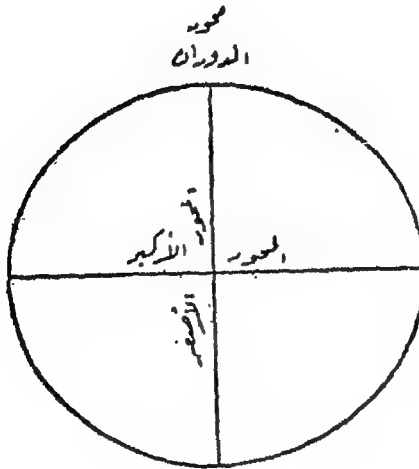
## الباب الثالث

### انظمة الاحداثيات

الشكل الهندسي لسطح الارض

لأنه قصد بـ سطح الأرض ذلك السطح الذي يمر بالجبال وقاع البحر والمحيطات  
ولكن يقصد به سطح تخيلي يمر قريباً جداً من سطح المياه التي تغطي البحار  
والمحيطات ويقطع القارات أسفل مستوى اليابس ليلاقي سطح مياه المحيطات  
مرة أخرى .

هذا السطح قريب الشبه بـ سطح كرة وأقرب شكل هندسي يمثل سطح الأرض  
هو السطح الناتج من دوران قطع ناقص حول محوره الأصغر .



شكل ٣

في كثير من العلوم يعتبر سطح الأرض — للسهولة — عائللا اسطح كرة ولكن في علوم المساحة الجيوديسية والملاحة يلزم الأخذ بالشكل الحقيقي للأرض. وهناك قيم مختلفة لطول نصف المحور الأكبر والمحور الأصغر الذي يمثل قطاع في سطح الأرض يمر بالقطبين. ولقد توصل علماء الجيوديسيا والجاذبية الأرضية لتلك القيم بعد اجراء قياسات كثيرة وحسابات معقدة وبعضها مبين في الجدول الآتي :

شكل الأرض	طول نصف المحور الأكبر	طول نصف المحور الأصغر
افرست ١٨٣٠	٣٠٤ ٣٧٧ متر	١٠٦ ٣٥٦ متر
بسل ١٨٤١	٢٩٧ ٣٧٧	٧٠٩ ٣٥٦
كلارك ١٨٦٦	٢٠٦ ٣٧٨	٥٨٤ ٣٥٦
كلارك ١٨٨٠	٢٤٩ ٣٧٨	٥١٥ ٣٥٦
هلمرت ١٩٠٦	٢٠٠ ٣٧٨	٨١٨ ٣٥٦

وتم الاتفاق بين العلماء عام ١٩١٠ على القيم التي قام بحسابها هايفورد وأصبحت تستخدم منذ ذلك الوقت باعتبارها أقرب القيم الى الشكل الحقيقي وقيم هايفورد تعطى :

طول نصف المحور الأكبر	٣٨٨ ٣٧٨ متر
طول نصف المحور الأصغر	٩١٢ ٣٥٦

في علم المساقط الجغرافية أى المساقط المستخدمة لرسم الخرائط الجغرافية والتي لا يزيد المقياس فيها عن ١ : مليون يعتبر سطح الأرض عائللا لسطح كرة

نصف قطرها ٦٣٧٠ كيلو متر وتم اختيار هذه القيمة التي تتوسط نصفى المحورين الأكبر والأصغر مع تقريبها الى رقم دائرى عشرى .

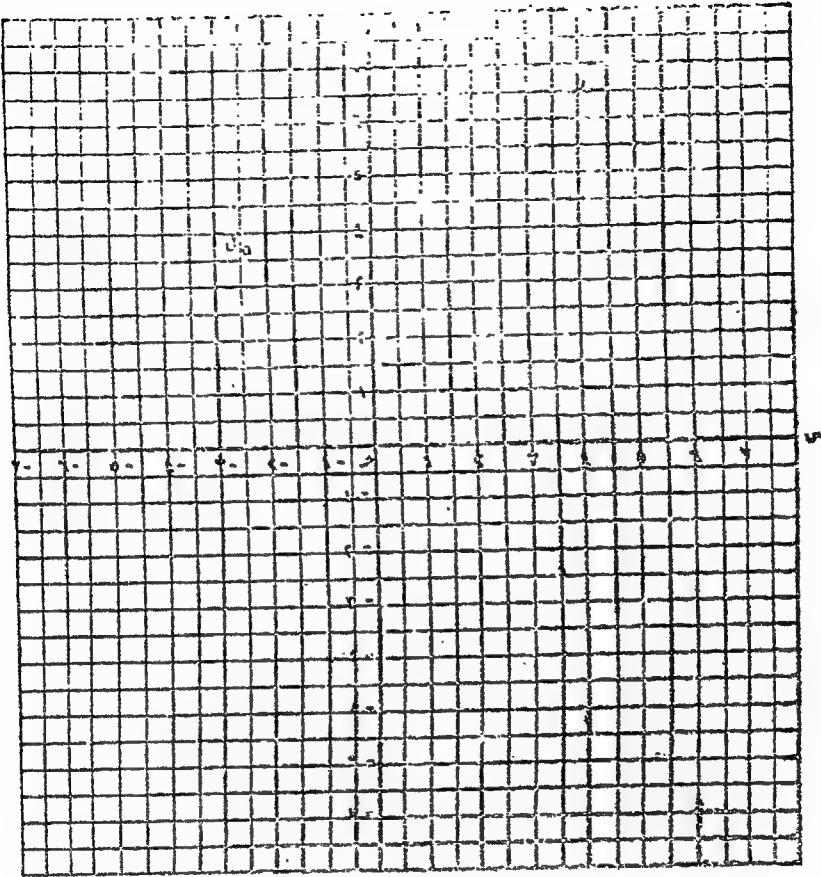
وباستخدام تلك القيمة لن يكون هناك خطأ ملموس فى أبعاد أى خريطة فإذا كان هناك خطأ مقداره واحد كيلو متر بين نصف القطر الكروى المستخدم والقيمة الحقيقية للأرض فلن يظهر هذا الخلل على الخريطة بأكثر من  $\frac{1}{10}$  مليمتر إذا كانت الخريطة بمقياس ١ : مليون :

عند إنشاء ورسم المساقط الجغرافية تتخذ القيم المبينة فى الجدول الآتى أساساً للعمل .

المقياس	نصف قطر الأرض
١ : ٢٠٠ مليون	٢٠١٨٥ كم
١ : ١٠٠ " "	٦٣٧٠
١ : ٥٠ " "	١٢٧٤٠
١ : ٢٠ " "	٣١٨٥٠
١ : ١٠ " "	٦٣٧٠٠
١ : ٥ " "	١٢٧٤٠٠

#### الاحداثيات على سطح مستوى

لتعريف موقع مكان على سطح مستوى ، اتفق على وجود خطين مستقيمين أساسيين يذرعان هذا المستوى فى اتجاهيه الرئيسيين .



شكل ٤

### الاحداثيات على سطح مستوى

الخطان الأساسيان الأفقي والرأسي في شكل ٤ والمقسمان الى سنتيمترات وإجزاء السنتيمتر يكتفينا من التعرف على أى مكان على هذا السطح .

لتعريف موقع النقطة ل مثلا : يقاس بعدها عن نقطة الأصل (م) في الاتجاه الأفقى ( - ٢٤ ) . كما يقاس بعدها عن نقطة الأصل في الاتجاه الرأسى ( ٣٧ ) .

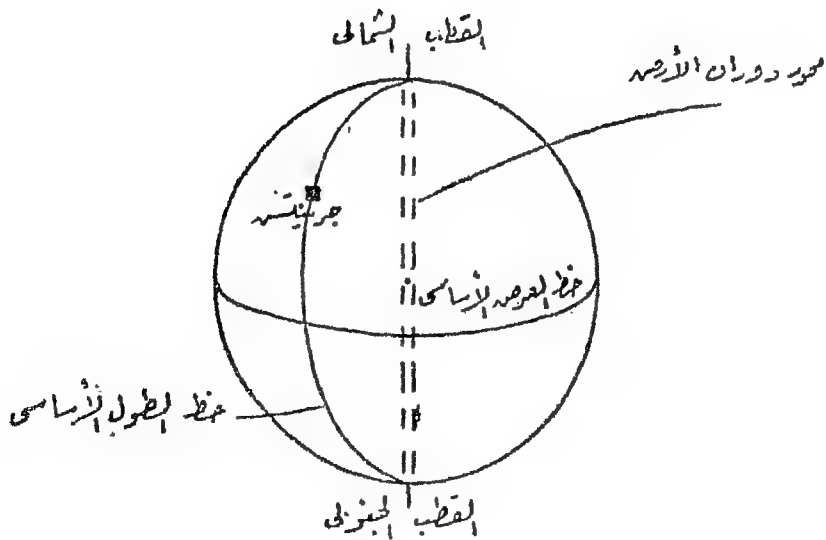
إذا ذكرنا البعدين الأفقى والرأسى ( - ٢٤ ، ٣٧ ) ، فالتنا تحديد موقع

النقطة ل . وان توجد نقطة أخرى سوى النقطة ل على ال . طاح لها نفس البعد  
الافقى - ٢٤ سم ونفس البعد الرأسى ٢٦ سم . ويسمى البعدان الافقى  
والرأسى بالاحداثيان الافقى والرأسى .

سهولة قياس الابعاد الافقية والابعاد الرأسية ولسهولة تحديد المرافق  
ترسم مجموعة من الخطوط الرأسية المتوازية تعطى المسافات بينها الاحداثيات  
الافقية . كما ترسم مجموعة أخرى من الخطوط الافقية المتوازية تعطى المسافات  
بينها الاحداثيات الرأسية .

### الاحداثيات على سطح الارض

#### المحاور الأساسية



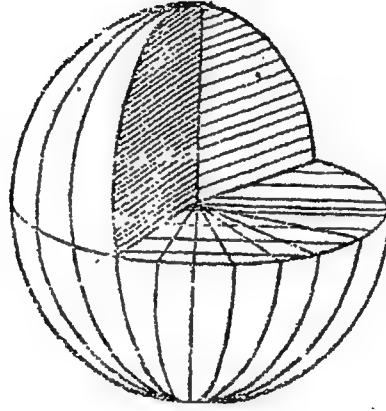
شكل ٥

لتعريف مواقع الأماكن على سطح الأرض تم اتخاذ الخط الأساسى الأفقى

تلك الدائرة العظمى المرسومة على سطح الأرض ، التي تقع عند منتصف المسافة بين القطبين الشمال والجنوبي وسميت بدائرة الاستواء .

كما اتخذ الخط الأساسي الرأسى ، نصف الدائرة المرسومة على سطح الأرض التي تصل القطب الشمالى بالقطب الجنوبى وتمر ببلدة جرينتش بانجلترا .

خطوط الطول



شكل ٦

قسمت دائرة الاستواء إلى ٣٦٠ قسما متساويا ، ورسم على سطح الأرض ٣٦٠ نصف دائرة ، تصل كل منها القطب الشمالى بالقطب الجنوبى وتمر بإحدى نقط التقسيم على دائرة الاستواء .

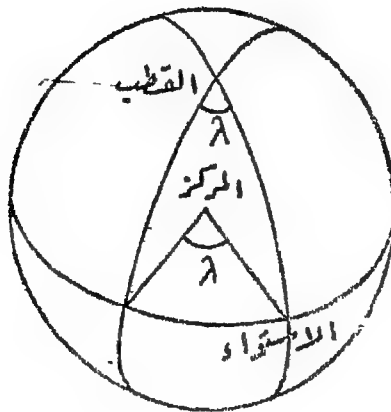
تسمى كل نصف دائرة خط طول .

وينضح أن الزاوية عند مركز الأرض بين نقطتي تقسيم متجاورتين تساوى (١°) درجة واحدة لأن ٣٦٠ درجة تقابل ٣٦٠ قسما . وأطلق على نصف مجموع

خطوط الطول الواقعة ليمين من خط طول جرينتش اسم خطوط الطول الشرقية — وأطلق على النصف الآخر اسم خطوط الطول الغربية .

وتم ترقيم خط طول جرينتش بالرقم ( صفر ) وخط الطول الشرق المجاور ( ١ ° شرق ) ، ثم ( ٢ ° شرق ) ، ثم ..... إلى ( ١٨٠ ° شرق ) . وبالمثل الطريقة رقت خطوط الطول الغربية من ( ١ ° غرب ) إلى ( ١٨٠ ° غرب ) ، وبذلك ينطبق خط الطول ١٨٠ ° شرق على خط الطول ١٨٠ ° غرب ويكون هو نصف الدائرة التي تكمل خط طول جرينتش من الناحية المقابلة على سطح الأرض .

وخطوط الطول على سطح الأرض تماثل الخطوط الرأسية المتوازية في حالة السطح المستوي والتي تعطى قياسا للبعد الأفقي . وفي حالة الكرة الأرضية يكون البعد الأفقي هو الزاوية عند مركز الكرة الأرضية ابتداء من خط طول جرينتش وتسمى زاوية الطول .



شكل ٧

ويلاحظ أيضاً شكل ٧ أن خطوط الطول تقابل عند القطبين وتكون الزوايا بينها عندئذ مساوية للزوايا المناظرة عند مركز الأرض .

### زاوية الطول

هي الزاوية الواقعة في مستوى دائرة الاستواء ورأسها عند مركز الدائرة ومضامها الأساسى يمر في خط طول جرينتش والضلع الآخر يمر في خط من خطوط الطول . وهي أيضاً الزاوية عند أحد القطبين بين خط طول جرينتش وخط طول آخر .

ولما كانت الزوايا لا تقاس بالدرجات فقط ولكن أيضاً بكمور الدرجات ، لذلك يتضح من التعريف السابق أن عدد خطوط الطول على سطح الأرض ليس ٣٦٠ بل أن خطوط الطول وهي خطوط وهمية يمكن رسمها في أى مكان على سطح الأرض وتحدد قيمة خط الطول بالزاوية المذكورة في التعريف تبعاً لمستوى الدقة .

مثال (١) زاوية الطول  $35^{\circ} 6' 19''$   $47^{\circ}$   $118^{\circ}$  شرق بالتقدير الستيني

(٢)  $35^{\circ} 6' 21.87''$  د د جرادة غرب

### خطوط العرض

تم تقسيم خط الطول الأساسى ويسمى خط طول جرينتش إلى ١٨٠ قسماً متساوياً ورسم على سطح الأرض دوائر صغيرة توازى دائرة الاستواء تمر كل دائرة منها بأحدى نقط تقسيم خط جرينتش .

ويتضح أن الزاوية عند مركز الكرة الأرضية بين نقطتين متجاورتين من

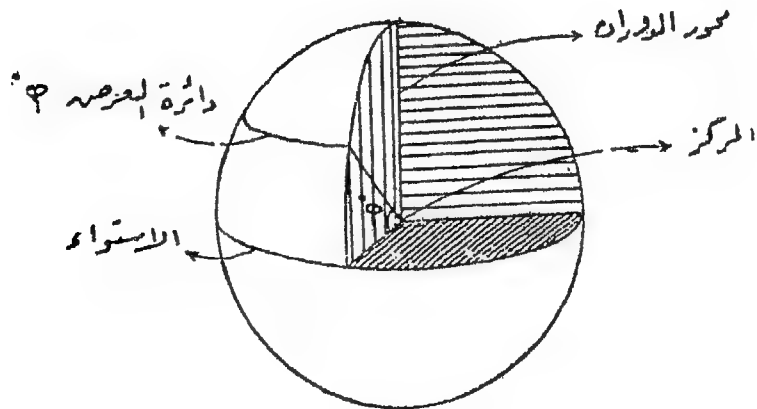
لفظ التقسيم تساوى ( ١° ) درجة واحدة لأن ١٨٠ درجة تقابل ١٨٠ قسماً .

وأطلق على نصف مجموعة دوائر العرض الواقعة للشمال من دائرة الاستواء اسم دوائر العرض الشمالية - وأطلق على النصف الآخر اسم دوائر العرض الجنوبية .

وتم ترقيم دائرة عرض الاستواء بالرقم ( صفر ) ودائرة العرض الشمالية المجاورة بالرقم ( ١° شمال ) ثم ( ٢° شمال ) ثم ... إلى ( ٩٠° شمال ) وهى نقطة القطب الشمالى .

وبنفس الطريقة رقت دوائر العرض الجنوبية من ( ١° جنوب ) ... إلى ( ٩٠° جنوب ) وهى نقطة القطب الجنوبي .

ودوائر العرض على سطح الأرض تماثل الخطوط الأفقية المتوازية فى حالة السطح المستوى ، التى تعطى قياساً للبعد الرأسى . وفى حالة الكرة الأرضية يكون البعد الرأسى هو الزاوية عند مركز الأرض ابتداء من الاستواء وتسمى زاوية العرض .



شكل ٨

### زاوية العرض

هي الزاوية الواقعة في مستوى دائرة من دوائر الطول ورأسها عند مركز الدائرة وضلعها الأساسي يمر في مستوى الاستواء والضلع الآخر يمر في دائرة من دوائر العرض .

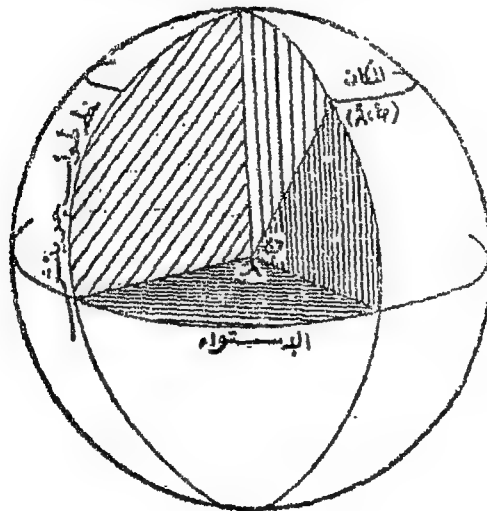
وبما أن هذا التعريف أن عدد دوائر العرض على سطح الأرض ليس ١٨٠ ، بل يمكن رسم دائرة عرض في أى مكان على سطح الأرض وتحدد قيمتها بالزاوية المذكورة في التعريف .

مثال (١) زاوية العرض  $39.18^\circ$   $52'$   $74''$  شمال

مثال (٢)  $68.34092^\circ$  جرادة جنوب

تعيين موقع مكان على سطح الأرض

للتعرف على موقع مكان على سطح الأرض عرضه  $\phi$  من الدرجات شمال الاستواء وطوله  $\lambda$  من الدرجات شرق جرينتش يبدع الآتى :



شكل ٩

١ - ترسم زاوية في مستوى الاستواء مركزها عند مركز دائرة الاستواء وضامها الاساسي يمر في خط طول جرينتش ، ومقدارها  $\lambda$  من الدرجات . وعند تقابل الضلع الآخر للزاوية مع سطح الارض يرسم خط الطول يمر بالقطبين.

٢ - في مستوى خط الطول ترسم زاوية رأسها عند مركز الارض وضامها الاساسي في مستوى الاستواء ومقدارها  $\phi$  من الدرجات . يتقابل الضلع الآخر للزاوية مع سطح الارض عند الموقع المطلوب .

وبتعبير آخر يتحدد الموقع عند نقطة تقاطع خط الطول  $\lambda$  درجة شرق جرينتش مع دائرة العرض  $\phi$  درجة شمال الاستواء .

### حساب المسافات والمساحات على سطح الارض

تسمى شبكة خطوط الطول والعرض المرسومة على الخريطة باسم الهيكل الجغرافي . ولذلك يلزم التعرف على أطوال خطوط الطول والعرض المرسومة أصلا على سطح الارض وكذلك التعرف على المساحات المحصورة بينها .

#### أولا : أطوال الأقواس

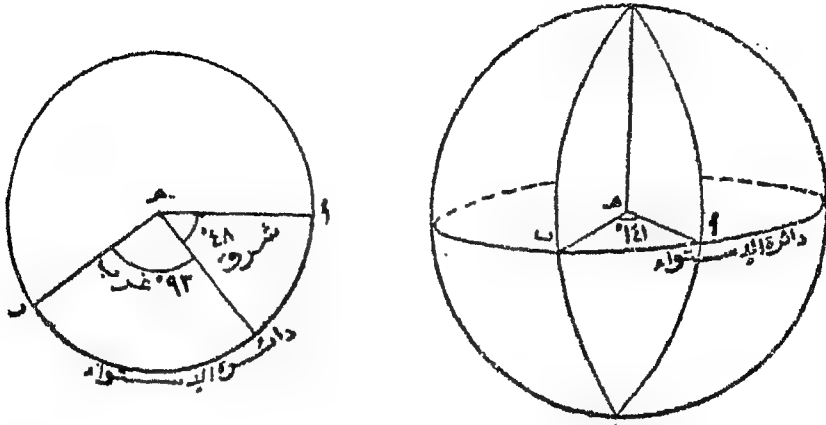
طول قوس من دائرة يقابل زاوية مقدارها  $\theta^\circ$

$$\text{عند مركز الدائرة حيث نصف قطرها } r = \theta^\circ \times \frac{r}{180} \times \pi$$

#### مثال ( ١ )

لايجاد طول قوس على دائرة الاستواء يقع بين نقطتي تقاطع الاستواء مع

خطى الطول ٤٨° شرق (١) ، ٩٣° غرب (ب)



شکل ١١

شکل ١٠

الزاوية عند مركز الأرض بين النقطتين  $\text{ا م ب} = ٩٣ + ٤٨ = ١٤١^\circ$

نصف قطر دائرة الاستواء = ٦٣٧٠ كيلومتر

طول القوس  $\text{ا ب} = ١٤١ \times \frac{\pi}{180} \times 6370 \approx 15676$  كيلومتر تقريبا

مثال (٢)

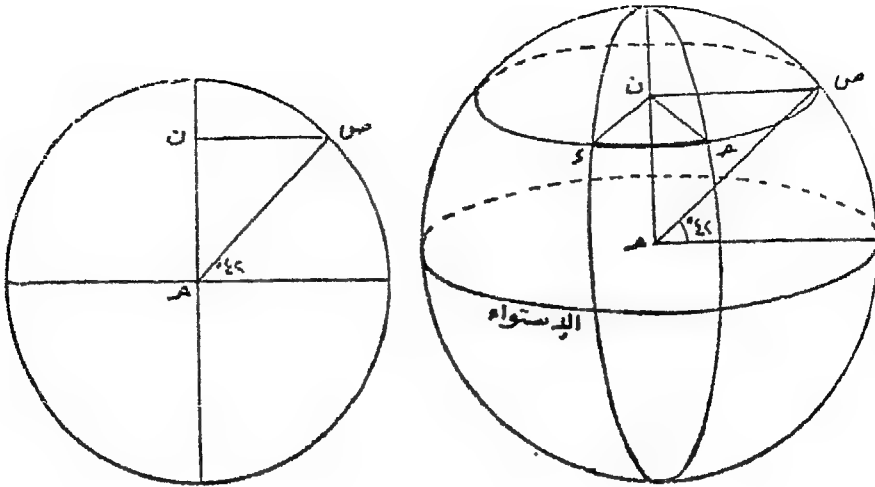
لايجاد طول قوس على دائرة العرض ٤٢° شمال بين نقطتي تقاطعها

مع خطى الطول ٢٧° شرق (ح) ، ٩٨° غرب (و)

زاوية  $\text{ح ن و} = ٢٧ + ٩٨ = ١٢٥^\circ$

نصف قطر دائرة العرض ٤٢° (صن) = صن × جتا ٤٢°

= صن × جتا ٤٢°



شکل ١٣

شکل ١٢

$$\text{طول القوس جـ د} = ١٢٥^\circ \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times \text{ص ن}$$

$$= ١٢٥^\circ \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times \text{جنا ٤٢}^\circ =$$

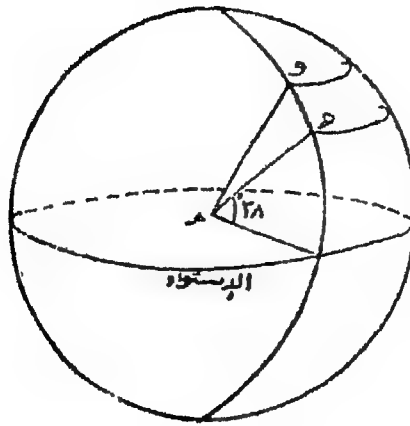
$$= ١٠٣٢٧٧٦ \text{ كيلومتر}$$

### مثال ( ٣ )

لايجاد طول قوس على أى خط طول ( وجميع خطوط الطول متساوية )  
بين نقطتي تقاطعه مع دائرتي العرض  $٣٨^\circ$  شمال ( هـ ) ،  $٥٣^\circ$  شمال ( و )

$$\text{زاوية هـ و} = ٢٨ - ٥٣ = ١٥^\circ$$

$$\text{نصف قطر دائرة الطول} = \text{جـ} = ٦٣٧٠ \text{ كيلومتر}$$



شكل ١٤

$$\text{طول القوس هـ و} = ١٥ \times \frac{\text{ظ}}{١٨٠} \times \text{ن} = ١٦٦٧٧٧ \text{ كيلومتر}$$

ثانيا : مساحة منطقة

مساحة منطقة محصورة بين دائرتي العرض  $\phi_1$  ،  $\phi_2$

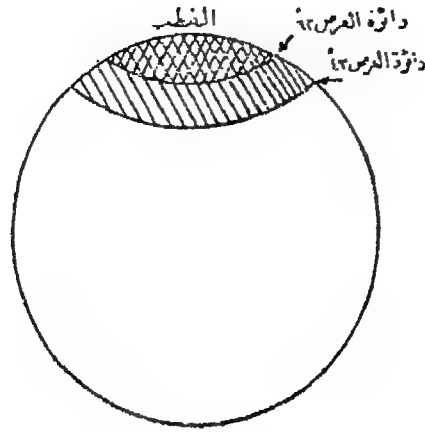
$$= ٢ \text{ ط ن}^2 (\text{جا } \phi_1 - \text{جا } \phi_2)$$

مثال (١)

لايجاد مساحة المنطقة المحصورة بين دائرتي العرض  $٤٣^\circ$  شمال ،  $٦٢^\circ$  شمال .

$$\text{المساحة} = ٢ \text{ ط ن}^2 (\text{جا } ٦٢^\circ - \text{جا } ٤٣^\circ)$$

٥١٢٢٣ مليون كيلومتر مربع



شكل ١٥

سؤال (٢)

لايجاد مساحة المنطقة المحصورة بين دائرتي العرض ١٧° جنوب ،  
٢° شمال .

$$\text{المساحة} = ٢ \text{ ط ب} ( \text{جا } ١٧^\circ - \text{جا } ٢٤^\circ )$$

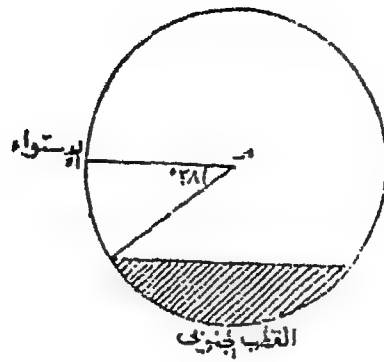
$$= ٢ \text{ ط ب} ( \text{جا } ١٧^\circ + \text{جا } ٢٤^\circ )$$

$$= ٢٠٦٢٢٢ \text{ مليون كيلومتر مربع}$$

سؤال (٣)

لايجاد مساحة المنطقة القطبية ( طاقية كروية ) التي يحدها دائرة  
٣٨° جنوب الاستواء .

$$\text{المساحة} = ٢ \text{ ط ب} ( \text{جا } ٩٠^\circ - \text{جا } ٣٨^\circ )$$



شکل ۱۶

$$= ۲ ط ۳ (۱ - جا ۳۸^{\circ})$$

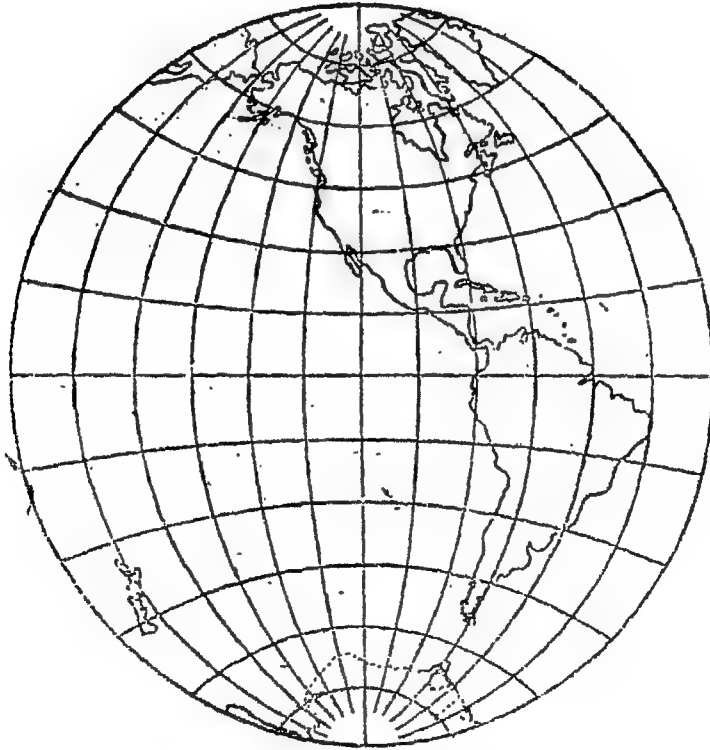
$$= ۹۸ \text{ مليون كيلو متر مربع تقريبا}$$

## الباب الرابع

### المساقط المعدلة

#### المسقط الكروي

يستخدم هذا المسقط لبيان نصف العالم ، أو لبيان العالم كله في مستطین متجاورين . ولا يتميز هذا المسقط بأى من الخصائص الهندسية المميزة مثل تساوى المساحات أو تساوى المسافات ولكنه يتميز بسهولة الرسم كما أنه يعطى شكلا جيدا للأرض .



شكل ١٧ نصف الكرة الغربى على مستطی كروى

## طريقة الرسم

- ١ - يرسم دائرة تمثل نصف الكرة المطلوب
- ٢ - يرسم القطر الرأسى ليمثل خط الطول الاوسط وتمثل نهايته القطبين كما يرسم القطر الافقى ليمثل نصف الإستواء الأرضى - أى ١٨٠° درجة طولية.
- ٣ - يقسم القطر الرأسى الى عدد من الأقسام المتساوية ، وتمثل كل نقطة منها تقاطع خط من خطوط العرض مع خط الطول الاوسط .
- كذلك يقسم الإستواء الى نفس العدد من الأقسام المتساوية ، وتمثل كل نقطة تقسيم منها تقاطع خط من خطوط الطول مع الإستواء ( كل نقطة فى شكل ١٧ تمثل ١٥° )
- ٤ - يقسم كلا من النصف الشرقى والنصف الغربى من محيط الدائرة المحددة للمسقط الى نفس العدد من الأقسام المتساوية ، وتمثل كل نقطة تقسيم نهاية خط من خطوط العرض .
- ٥ - ترسم خطوط الطول على شكل أقواس دوائر يمر كل منها بالقطبين وبإحدى نقط التقسيم على خط الإستواء .
- ٦ - ترسم دوائر العرض على شكل أقواس دوائر يمر كل منها بزوج من النقط المتناظرة على محيط الدائرة المحددة كما يمر بنقطة التقسيم المقابلة على خط الطول الاوسط .

## حجم الدائرة المحددة للمسقط الكروى .

توجد ثلاثة طرق لتحديد حجم الدائرة المحددة للمسقط .

١ - في الطريقة الأولى يكون نصف قطر الدائرة المحددة للمسقط مساويا لنصف قطر الأرض ٦٣٧٠ كيلومتر .

٢ - في الطريقة الثانية تكون المسافة بين القطبين على المسقط مساوية للمسافة بين القطبين على سطح الأرض .

نصف قطر الدائرة المحددة للمسقط  $= \frac{1}{2}$  ط نق  $= ١٠٠٠٠$  كيلومتر

٣ - في الطريقة الثالثة تكون مساحة الدائرة المحددة للمسقط مساوية لمساحة نصف الكرة الأرضية .

فإذا كان نصف قطر الدائرة المحددة للمسقط نق م

$$\text{ط نق م}^2 = ٢ \text{ ط نق}^2$$

$$\text{ط م}^2 = ٢ \text{ ط نق}^2 = ٦٣٧٠ \times ٢$$

$$= ٩٠٠٠ \text{ كيلومتر تقريبا}$$

٢ - مسقط جوفلايدى

يستخدم هذا المسقط في خرائط التوزيعات للعالم كله أو لأجزاء من العالم يتوسطها خط الاستواء مثل المحيط الهادى أو المحيط الأطلسى أو قارة أفريقيا .

ويتميز به بأبسط المساحات كما وأن شكله العام لطيف



شكل ١٨

العالم على مسقط مولفايدى

الخصائص الهندسية للهيكل الجغرافى

١ - المسقط متساوى المساحات

٢ - خطوط العرض مستقيمة ومتوازية

٣ - خطوط الطول على شكل قطاعات ناقصة ماعدا خط الطول الأوسط فهو مستقيم عمودى على الاستواء وكذلك خطى الطول اللذين يبتعدان  $90^\circ$  عن خط الطول الأوسط فهما يشكلان الحالة الخاصة للقطع الناقص الذى يتخذ فيها شكل دائرة .

٤ - طول خط الاستواء على المسقط يساوى ضعف طول خط الطول الأوسط .

طريقة الإنشاء

١ - يرسم القطع الناقص المحدد للمسقط والذى فيه طول المحور الأكبر

(١٢) : ارى ضعف طول المحور الأصغر (٢ ب) ، وبخيث تكون مساحة القطع كله مساوية لمساحة سطح الأرض كلها .

فإذا كانت مساحة القطع المحدد  $ط \times ١ \times ب = ط \times ٢ \times ب$

وكانت مساحة سطح الأرض  $ط ب = ٤ ط ب$

$$٢ ط ب = ٤ ط ب$$

$$ب = ٢ ب$$

نصف طول المحور الأصغر للقطع (ب)  $= ٢ ب = ٩٠٠٨٥٠$  كيلومتر

نصف طول المحور الأكبر (١)  $= ١٨٠١٧٠٠$

٢ - يقسم المحور الأكبر للقطع والذي يمثل الاستواء الأرضي (٣٦٠° طوليه)

الى عدد من الأقسام المتساوية (١٨) قسما في شكل ١٨ وتمثل كل نقطة تقسيم (٢٠° طوليه)

٣ - نرسم خطوط الطول على شكل قطاعات ناقصة يمر كل منها بالطولين وبأحدى

نقط التقسيم على الاستواء .

( تكون المساحات المحصورة بين خطوط الطول على المسقط مساوية للمساحات

المنظرة على سطح الأرض )

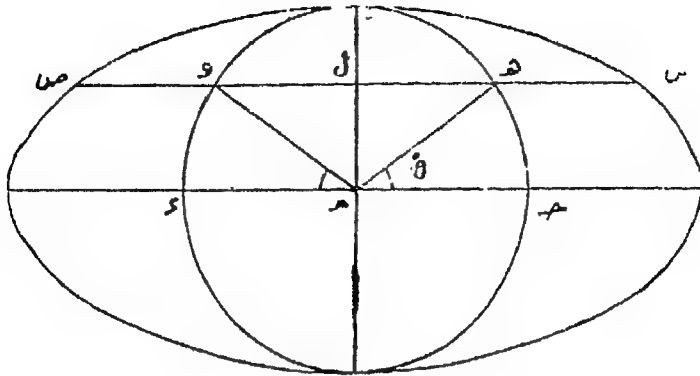
٤ - نرسم خطوط العرض مستقيمة موازية للاستواء وعلى أبعاد منه

تحقيق خاصية تساوي المساحات

وللتعرف على تلك الأبعاد :

(١) نفرض أن الخط س ص المرسوم موازيا للاستواء في شكل ١٩ يمثل خط

العرض  $\phi$  شمال الاستواء .



شكل ١٩

( ب ) اذا رسمنا الدائرة التي تشترك مع القطع الناقص المحدد في المركز ( م ) ونصف قطرها يساوي طول نصف المحور الأصغر للقطع  $\sqrt{2}$  م ، فإن هذه الدائرة تمثل خطى الطول  $90^\circ$  شرق ،  $90^\circ$  غرب الطول الأوسط .

( هـ ) نفرض أن دائرة الطول  $90^\circ$  تقطع الاستواء في النقطتين ح ، و كما تقطع خط العرض  $\phi$  الموازي للاستواء في هـ ، و

ونفرض أن هـ م يصنع زاوية مقدارها  $\theta$  مع خط الاستواء .

المساحة على الرسم بين خط العرض  $\phi$  والاستواء = ضعف مساحة الشكل هـ و هـ

$$2 \text{ ط نو }^2 \text{ جا } \phi = 4 \text{ امثال الشكل ح م ل هـ}$$

$$2 \text{ ط نو }^2 \text{ جا } \phi = 4 (\text{مساحة القطاع ح م هـ} + \text{مساحة المثلث هـ ل م})$$

$$= 4 \left( \frac{1}{4} \times \theta \times م^2 \times \frac{\pi}{180} + \frac{1}{2} \times م \times ل \times هـ \right)$$

$$= 1 \times \left( \frac{1}{4} \times 5 \times 2 \times \frac{\pi}{180} \right)$$

$$+ \left( \frac{1}{4} \times 2 \times 5 \times \frac{\pi}{180} \right)$$

$$= 1 \times \left( \frac{\pi}{180} \times 5 + 2 \times \frac{\pi}{180} \right)$$

$$= \frac{\pi}{180} \times 5 + 2 \times \frac{\pi}{180} = \phi$$

$$\frac{5\pi}{180} + \frac{2\pi}{90} = \phi$$

(و) بعد إيجاد قيمة  $\theta$  من العلاقة السابقة يرسم خط العرض بحيث يبعد عن خط الاستواء بمسافة  $m = \text{م هـ جا } \theta$

$$m = \text{م هـ جا } \theta$$

الجدول الآتي يعطى قيم الزوايا  $\theta$  المقابلة لقيم  $\phi$  والتي يمكن الحصول عليها من حل المعادلة المذكورة في (هـ) بيانيا . كما يعطى الجدول أيضا قيم أبعاد خطوط العرض عن خط الاستواء . ويعطى الجدول أيضا طول المسافة على خط العرض  $\phi$  والتي تمثل  $90^\circ$  طولية وهذه يمكن استخدامها لإيجاد المسافة على خطوط العرض لأي عدد من الدرجات الطولية .

المعرض $\phi$	$\theta$	بعد خط المعرض $\phi$ عن الاستواء $\theta$	طول مسافة على خط العرض $\phi$ تمثل $90^\circ$ طولية $2' 2''$ جثا $\theta$
$0^\circ$	$0^\circ$	$29932 = 3$	٨٩٨٨
$10^\circ$	$02^\circ$	$75866$	٨٩٢٤
$15^\circ$	$49'$	$115816$	٨٨١٦
$20^\circ$	$47'$	$159782$	٨٦٧٠
$25^\circ$	$47'$	$199782$	٨٤٧٨
$30^\circ$	$00'$	$239822$	٨٢٣٦
$35^\circ$	$00'$	$279916$	٧٩٥٦
$40^\circ$	$04'$	$329066$	٧٦٣١
$45^\circ$	$18'$	$369200$	٧٢٦٢
$50^\circ$	$28'$	$409322$	٦٨٢٥
$55^\circ$	$00'$	$459082$	٦٣٥٧
$60^\circ$	$41'$	$499682$	٥٨٢٩
$65^\circ$	$28'$	$549466$	٥٢٣٦
$70^\circ$	$32'$	$599022$	٤٥٦٧
$75^\circ$	$58'$	$649966$	٣٨٠٩
$80^\circ$	$00'$	$709916$	٢٩٤٣
$85^\circ$	$04'$	$789066$	١٨٦٠
$90^\circ$	$00'$	$909000$	صفر

مثال

حساب الأبعاد الأساسية في مسقط مولفائدى بقياس ١ : ٥٠ مليون  
للعالم كله .

$$= ١٢٧٤ \text{ سم}$$

$$\text{طول نصف المحور الأصغر للقطع المحددة} = \sqrt{2} \text{ نق} = ١٧.١٨ \text{ سم}$$

$$\text{طول نصف المحور الأكبر} = ٣٩٧.٣٤ \text{ سم}$$

$$\text{بعد خط العرض } ١٠^\circ \text{ عن الاستواء} = \frac{١٠٠٠٠٠ \times ١٢٣٦}{\dots} = ٢٢٤٧٢ \text{ سم}$$

$$\text{بعد خط العرض } ٢٠^\circ \text{ عن الاستواء} = \frac{١٠٠٠٠٠ \times ٢٤٥٢}{\dots} = ٢٤٩٠٤ \text{ سم}$$

$$\text{بعد خط العرض } ٣٠^\circ \text{ عن الاستواء} = \frac{١٠٠٠٠٠ \times ٣٦٣٧}{\dots} = ٣٦٣٧٤ \text{ سم}$$

$$\text{بعد خط العرض } ٧٠^\circ \text{ عن الاستواء} = \frac{١٠٠٠٠٠ \times ٧٧٦٥}{\dots} = ٧٧٦٥٠ \text{ سم}$$

$$\text{بعد خط العرض } ٨٠^\circ \text{ عن الاستواء} = \frac{١٠٠٠٠٠ \times ٨٥١٠}{\dots} = ٨٥١٠٠ \text{ سم}$$

طول مسافة على خط العرض  $١٠^\circ$  تمثل  $١٨٠^\circ$  طولية

$$\text{بعد خط العرض } ٢٠^\circ \text{ عن الاستواء} = \frac{١٠٠٠٠٠ \times ٢ \times ٨٩٢٤}{\dots} = ١٧٨٤٨ \text{ سم}$$

طول مسافة على خط العرض  $٢٠^\circ$  تمثل  $١٨٠^\circ$  طولية

$$٣-٢٤٠٦٨٠ = \frac{١٠٠ \dots \times ٢ \times ٨٠٧٠}{٥٠ \dots \dots} =$$

طول مسافة على خط العرض ٢٠° تمثل ١٨٠° طولية

$$٣٣٢٠٩٤٤ = \frac{١٠٠ \dots \times ٢ \times ٨٢٣٦}{٥٠ \dots \dots} =$$

⋮ ⋮ ⋮ ⋮

طول مسافة على خط العرض ٧٠° تمثل ١٨٠° طولية

$$٣١٨٠٢٦٨ = \frac{١٠٠ \dots \times ٢ \times ٤٥٦٧}{٥٠ \dots \dots} =$$

طول مسافة على خط العرض ٨٠° تمثل ١٨٠° طولية

$$٣١١٠٧٧٢ = \frac{١٠٠ \dots \times ٢ \times ٢٩٤٣}{٥٠ \dots \dots} =$$

### مثال

مقطع مولفايدى للبحر الحادى بمقياس ١ : ١٠ مليون. خط الطول الأوسط ١٦٠° غرب وتمتد الخريطة من العرض ٧٠° شمال الى العرض ٧٠° جنوب ، كما تمتد من الطول ٧٠° غرب الى الطول ١١٠° شرق

$$\text{نق} = ١٢٠٧٠ \text{ سم}$$

والانصاع الطول للخريطة ١٨٠° طولية

$$٣٦٠١٨ = \frac{١٠٠ \dots \times ٦١٨}{١٠ \dots \dots} = \text{بعد خط العرض } ٥^\circ \text{ عن الاستواء}$$

بعد خط العرض ١٠ عن الاستواء = ١٢,٣٦ سم

د د د ١٥ د = ١٨,٤٧ سم

د د د ٢٠ د = ٢٤,٥٢ سم

طول مسافة على خط الاستواء تمثل ٩٠ طولية

$$= \sqrt{2} \text{ نق} = ٩٠,٠٨٥ \text{ سم}$$

طول مسافة على خط العرض ٥° تمثل ٩٠ طولية

$$= \frac{١٠٠٠٠٠ \times ٨٩٨٨}{١٠ \dots \dots} = ٨٩,٨٨ \text{ سم}$$

طول مسافة على خط العرض ١٠° تمثل ٩٠ طولية = ٨٩,٢٤ سم

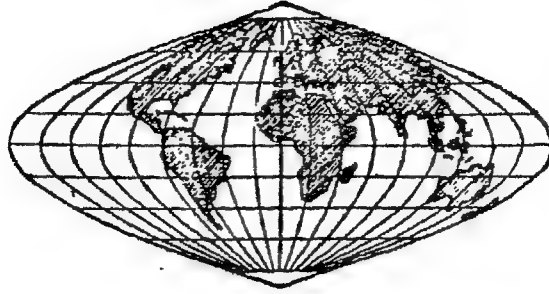
د د د ١٥ د د د = ٨٨,١٦ سم

د د د ٢٠ د د د = ٨٦,٧٠ سم

### ٣ - مسقط سانسون فلامستيد

(المسقط الجيبى)

يشارك هذا المسقط في بعض خصائص مسقط مولفايدى ويستخدم لنفس الأغراض التي يستخدم فيها مسقط مولفايدى ولكنه يتميز على مسقط مولفايدى بسهولة حساباته . ويتعرض مسقط سانسون فلامستيد لتشويه كبير في المناطق البعيدة عن المركز .



شكل ٢٠

العالم على مسقط سانون فلامستيد

الخصائص الهندسية للهيكل الجغرافي

١ - المسقط متساوى المساحات

٢ - خطوط العرض مستقيمة ومتوازية وتبعد عن بعضها بنفس

المسافات المتعاقبة التي تبعد بها على السطح الكروي للأرض

٣ - كل خط عرض يساوى في طوله محيط دائرة العرض المناظرة على

سطح الأرض

٤ - خطوط الطول على شكل منحنيات الجيب ما عدا خط الطول الأوسط

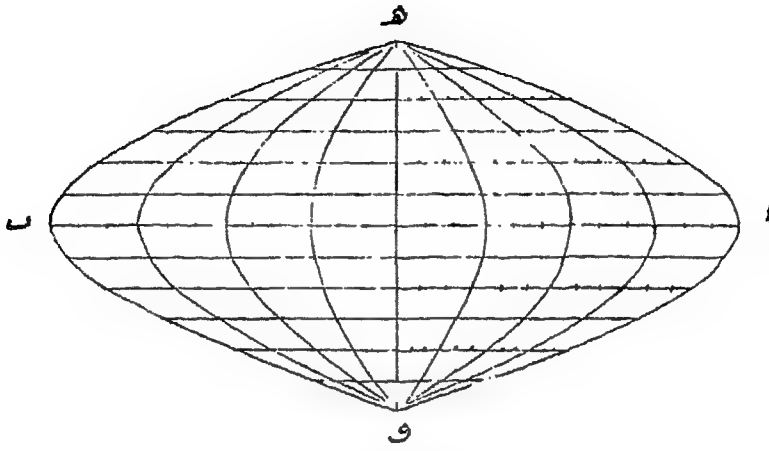
فهم مستقيم عمودى على الاستواء

٥ - خط الطول الأوسط يساوى في طوله ، أحد خطوط الطول

الأصلية على سطح الأرض . أى يساوى نصف طول خط الاستواء المرسوم

على الخريطة .

طريقة الإنشاء



شكل ٢١

- ١ - يرسم خط أفقى ا ب يمثل الاستواء طوله ٢ ط نق = ٤٠٠٢٤ كيلومتر
- ٢ - يرسم خط رأسى ه و عمودى على الاستواء عند منتصفه - يمثل الطول الأوسط وطوله ٢٠٠١٢ كيلومتر . ه ، و تمثلان القطبين وهما متساويتا البعد عن الاستواء .
- ٣ - يقسم الطول الأوسط الى اقسام متماوية تمثل كل نقطة تقسيم منها النقاط مع أحد خطوط العرض ( ١٢ قسما في شكل ٢١ يمثل كل منها ١٥° عرضية )
- ٤ - ترسم خطوط العرض مستقيمة وموازية للاستواء وتمر بنقط التقسيم على خط الطول الأوسط ويكون طول كل خط منها مساويا طول الاستواء X جتا العرض وبالمساوى من كلا جانبي الطول الأوسط .

طول خط العرض ١٥° = طول الاستواء X جتا ١٥ = ٣٨٦٦٠ كيلومتر

، ، ، ، = ٣٠ ، X جتا ٣٠ = ٢٤٦٦٢ ،

طول خط العرض ٤٥ = ، × جتا ٤٥ = ٢٨٢٠١ كيلومتر

، ، ، ، ٦٠ = ٢٠٠١٢

، ، ، ، ٧٥ = ١٠٣٥٦

• - يقيم كل خط عرض ان أقسام متساوية ، تمثل كل نقطة تقيم منها  
النتيجة - اطع مع خط من خطوط الطول ( ٢٤. قسم في شكل ٢١ يمثل كل منها  
١٥° طولية )

٦ - نصل بين نقط التقييم المتناظرة على خطوط العرض فننتج خطوط  
الطول .

### رسم مسقط سائون فلامستيد بمقياس كبير

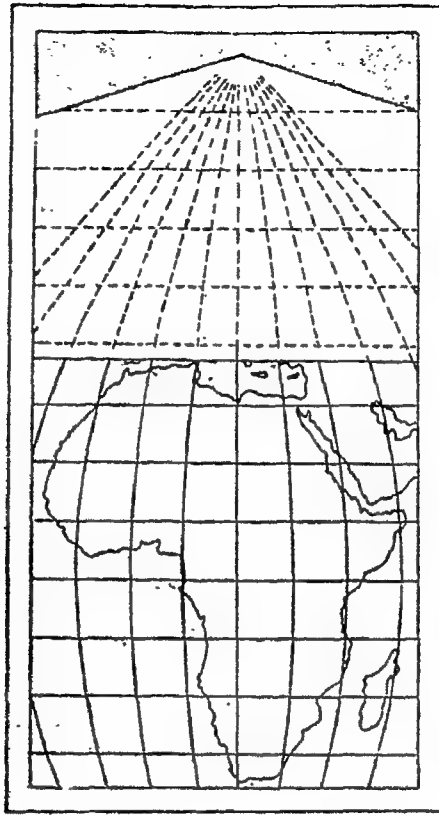
عند انشاء المسقط لجزء من العالم - بمقياس كبير - ترسم خطوط العرض  
طبقا لأطوالها الحقيقية وأبعادها الحقيقية عن بعضها ثم تقسم الى أقسام متساوية  
وفي النهاية نصل بين نقط التقييم المتناظرة

مثال

مسقط سائون فلامستيد لأفريقيا بمقياس ١ : ١٠ مليون فيه الطول  
الأوسط ٢٠° شرق ويمتد من الطول ٢٠° غرب الى ٦٠° شرق كما يمتد من  
العرض ٤٠° شمال الى ٤٠° جنوب .

نق = ٦٣٧٠ سم

الامتداد الطولي للخريطة = ٨٠° طولية



شكل ٢٢

أفريقيا على مسقط سانسون فلامستيد

$$\text{طول خط الاستواء على الخريطة} = ٨٠ \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times ٦٣٣٧$$

٨٨,٩٤٢ سم

$$\text{طول خط العرض } ١٠^\circ = ٨٨,٩٤٢ \times \text{جتا } ١٠ = ٨٧,٥٩١$$

$$\text{طول خط العرض } ٢٠^\circ = ٨٨,٩٤٢ \times \text{جتا } ٢٠ = ٨٣,٥٧٨$$

$$\text{طول خط العرض } ٣٠^\circ = ٨٨,٩٤٢ \times \text{جتا } ٣٠ = ٧٧,٠٢٦$$

$$\text{طول خط العرض } ٤٠^\circ = ٨٨,٩٤٢ \times \text{جتا } ٤٠ = ٦٨,١٣٤$$

طول خط الطول الأوسط من العرض ٤° شمال إلى العرض ٤٠° جنوب

$$= 80 \times \frac{\pi}{180} \times 6370 = 88942 \text{ م}$$

يقسم خط الطول الأوسط إلى أقسام متساوية

٤ — مسقط كافرايسكى

يختلف هذا المسقط التشويهي الزائد الذي يظهر في مسقط مولفايدى وإيضاً في مسقط سانسون فلامستيد بعيداً عن مركز الخريطة . ويستخدم لتمثيل العالم على لوحة واحدة كما يستخدم أيضاً لحرايط أجزاء من العالم لا يدخل فيها المنطقتين القطبيتين

الخصائص الهندسية للبيكل الجغرافى

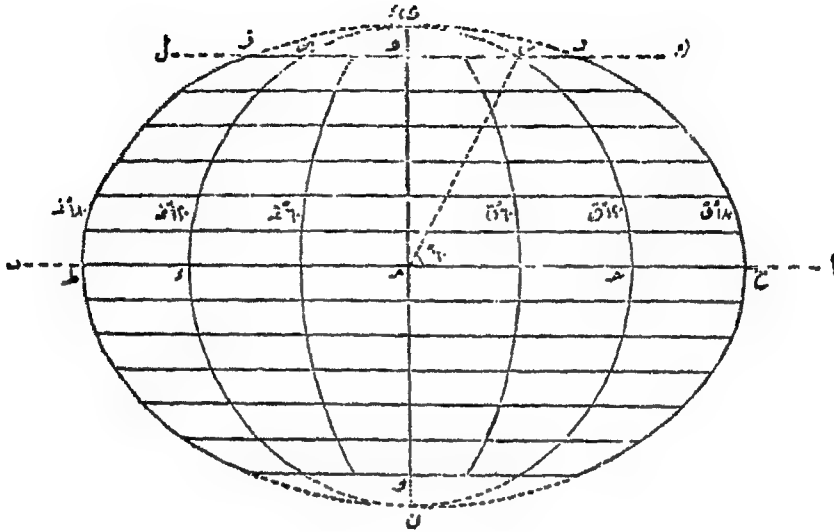
١ — خطوط العرض مستقيمة ومتوازية وتبعد عن بعضها بنفس المسافات التى تبعد بها على السطح الكروى للأرض .

٢ — خطوط الطول على شكل قطاعات ناقصة ماعداً الطول الأوسط فهو على شكل مستقيم عمودى على الاستواء . وخط الطول الذى يبعد ١٢٠° عن الطول الأوسط على شكل دائرة مركزها هو مركز الخريطة .

٣ — خط الطول الأوسط هو الخط الوحيد فى المسقط الذى يساوى طوله الحقيقى على سطح الأرض

٤ — القطب يمثل بخط مستقيم موازى للاستواء ولذلك يترأى التشويه كلما اقتربنا من القطب

## طريقة الإنشاء



شكل ٢٣

- ١ - يرسم خط أفقى ، ب يمثل جزء منه ( يتحدد فيما بعد ) خط الاستواء
- ٢ - عند مركز الخريطة م الواقعة على ١ يرسم خط رأسى هـ وعمودى على ١ سـ يمثل الطول الأوسط .

طول هـ و يساوى المسافة بين القطبين على سطح الأرض

هـ و ط بـ = ٢٠٠١٢ كيلومتر

يقسم هـ و الى اقسام متساوية ( ١٢ قسما فى شكل ٢٣ وكل قسم يمثل ١٥° عرضية )

- ٣ - عند النقطة هـ يرسم خط مستقيم لك ل يوازي الامتواء .

وجزه من لك ل ( يتحدد فيما بعد ) يمثل القطب

ويكرر نفس العمل عند النقطة و

٤ - يرسم مستقيم يمر بالمركز م ويصنع زاوية  $٦٠^\circ$  مع الاستواء ليقتابل  
ك ل عند نقطة س .

نقطة س تمثل تقاطع خط الطول  $١٢٠^\circ$  شرق الطول الأوسط مع خط القطب

هـ - من المركز م ونصف قطر يساوي م س نرسم دائرة . جـزم هذه  
الدائرة المحصوران بين القطبين يمثلان خطي الطول  $١٢٠^\circ$  شرق ،  $١٢٠^\circ$  غرب  
الطول الأوسط .

هذه الدائرة تقطع الاستواء ا ب في نقطتي هـ ، و  
وتقطع القطب الشمالي ك ل في نقطتي س ، ص  
وتقطع امتداد الطول الأوسط هـ و في نقطتي ي ، ن

٦ - عين النقطتين ح ، ط على المستقيم ا ب تمثلان نهايتي الاستواء  
بحيث تكون م ح =  $\frac{٢}{٣}$  م ح

( يصبح طول الاستواء ح ط ٣ أمثال م هـ =  $٣$  م س  
طول الاستواء =  $٣$  م هـ قنا  $٦٠^\circ$

$$= ٢ \times \frac{١}{٣} \text{ ط س } \times \text{ قنا } ٦٠ = ٣٤٦٦٢ \text{ كيلو متر )}$$

٧ - عين النقطتين ر ، ز على الخط ك ل تمثلان نهايتي القطب الشمالي

بحيث تكون هـ ر = هـ ز =  $\frac{٢}{٣}$  هـ س

( يصبح طول خط القطب ٣ أمثال هـ س

طول القطب =  $٣$  م هـ ظنا  $٦٠^\circ$

$$= ٢ \times \frac{١}{٣} \text{ ط س } \times \text{ ظنا } ٦٠ = ١٧٣٣١ \text{ كيلو متر )}$$

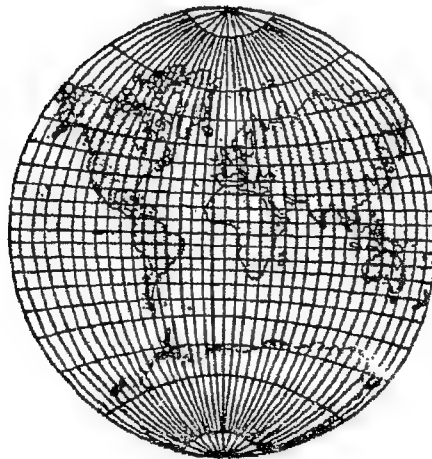
وطول القطب يماثل نصف طول الاستواء

٨ — يقسم ح ط إلى أقسام أطول المتساوية .

٩ . ترسم القطاعات النقطية التي تمثل خط وسط الطول والتي تشترك في المحورى ن ويمر كل قطاع منها بنقطتين متماثلتين من نقط تقسيم الاستواء ح ط .  
١٠ — ترسم خطوط العرض مستقيمة ومتوازية ويمر كل منها بإحدى نقط تقسيم خط الطول الأوسط ه و .

ه — مسقط فاندرجرين

ولو أن هذا المسقط قليل الاستخدام إلا أنه يعطى تمثيلاً جيئسداً للعالم الأرضية . فهو يتلافى التضاعط المتزايد للعالم في المناطق القطبية والذي يشاهد في مسقط مرفايدى ومسقط مالمون فلامستيد ؛ كما يتلافى التبعاعط المتزايد للعالم في المناطق القطبية في مسقط كافرايسكى .

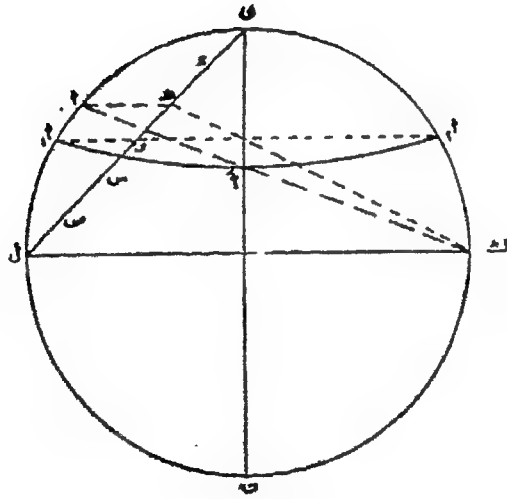


شكل ٢٤

العالم على مسقط فاندرجرين

ومن مميزات هذا المصقط على المساقط الساقطة الذكر الخاصة برسم العالم أن دوائر الطول تظهر على شكل أقواس دوائر وليست على شكل قطاعات وأقواس الدوائر على المصقط أقرب إلى الشكل الحقيقي لها على سطح الأرض .

لا يتميز هذا المصقط بأى من الخصائص الهندسية مثل تساوى المساحات أو غيرها ، ولكنه يتميز بسهولة الرسم .  
طريقة الإنشاء



شكل ٢٥

١ - ترسم دائرة نصف قطرها يساوى قطر الأرض = ١٢٧٤٠ كيلو متر .

٢ - ترسم القطر الأفقى لك لـ يمثل الاستواء وترسم القطر الرأسى ن ي يمثل خط الطول الأوسط . وتكون ن ، ي نقطتى القطبين .

٣ — يقسم الاستواء إلى أقسام متساوية . وتمثل كل نقطة تقسيم تقاطع الاستواء مع خط من خطوط الطول .

٤ — ترسم خطوط الطول على شكل أقواس دوائر تمر بالقطبين وينقطع النقطتين على خط الاستواء .

٥ — ترسم دوائر العرض على شكل أقواس دوائر مركزها على خط الطول الأوسط أو امتداده وبحيث يمر كل قوس منها بثلاثة نقط مثل ( ١ ، ١ ، ١ ) يتم تحديدها كما يلي :

( ١ ) يقسم  $ي ل$  إلى عدد من الأقسام المتساوية عند النقط  $و ، هـ ، و ، س ، ص ، ...$  بحسب عدد دوائر العرض المطلوب رسمها .

( ب ) من كل نقطة تقسيم يرسم خط يوازي القطر  $ك ل$  . كل من تلك الموازيات يقطع محيط الدائرة في نقطة قريبه . ( في شكل ٢٥ الموازي من نقطة  $هـ$  يقطع محيط الدائرة في ١ ) .

( جـ ) نصل النقطة  $ك$  بالنقطة  $ا$  ( وكذلك يباقي النقط على المحيط ) فيقطع هذا الخط  $ا$  القطر الرأسى  $ي ن$  في نقطة  $ا١$  ( كما تنتج أيضا نقط مماثلة ) .

( د ) نصل النقطة  $ك$  بالنقطة  $هـ$  ( وكذلك يباقي النقط المماثلة ) ومن نقطة تقاطع  $ك هـ$  مع القطر الرأسى  $ي ن$  نرسم خطا افقيا موازيا للاستواء يقطع محيط الدائرة في ١ ، ١ ، ١ .

( هـ ) يحدد قوس الدائرة  $ا١ ا١$  دائرة العرض المطلوبة ( ٦٠° في شكل ٢٥ ) .

٦ - مساقط معدلة أخرى

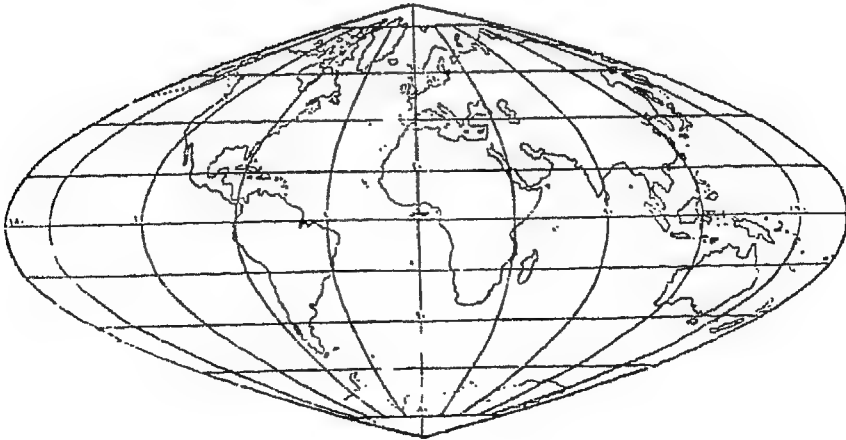
صممت مساقط أخرى لتمثل العالم كله في صور أحسن من المساقط السابق ذكرها . ولكن مازالت المساقط المذكورة وهي الكروي ومولف سايدى وسانسون فلامستيد تحظى بشهرة كبيرة .

يبين الأشكال الآتية بعض المساقط المعدلة

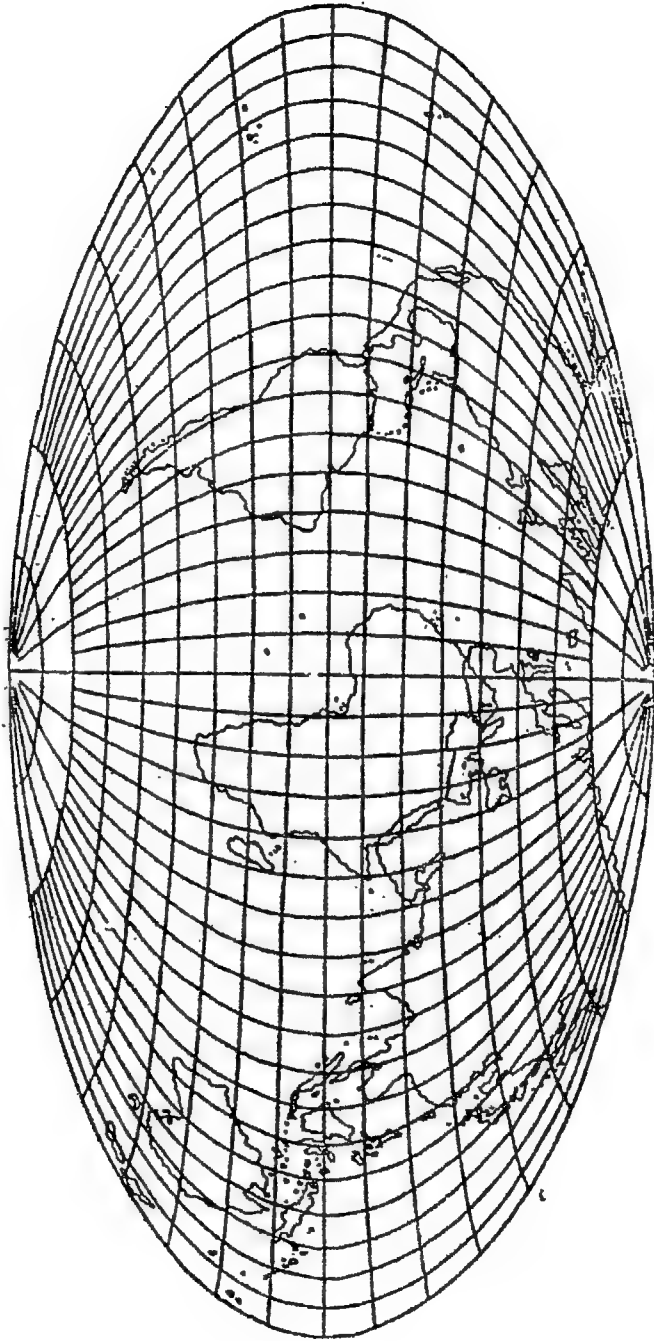


شكل ٢٦

العالم على مسقط وينكل



شكل ٢٧



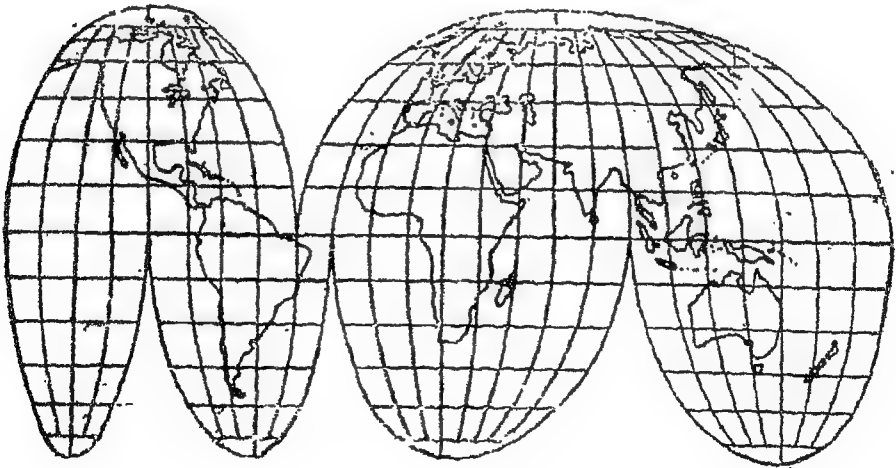
شکل ۲۸  
الهام علی مناطق سامان

## ٧ - المساقط المنتظمة

يمكن قطع المسقط الذي يمثل العالم كله والذي تظهر فيه خطوط العرض خطوطاً مستقيمة مثل مسقط مولفايدى ومسقط انسون فلامستيد لأنه كما ذكرنا وكما يوضح من أشكال تلك المساقط يوجد تشويه كبير يتزايد مع الاعتماد عن مركز الخريطة.

يتم قطع المسقط على نصف خط من خطوط الطول — النصف الشمالى أو النصف الجنوبى:

وسيبقى خط الاستواء وحدة كاملة تصل اجزاء العالم ببعضها . عند بيان القارات فى هذه الحالة يتم قطع المسقط على خطوط الطول التى تمر فى المحيطات وعند بيان المحيطات يتم قطع المسقط على خطوط الطول التى تمر فى القارات .  
بحسب عدم قطع المسقط على خط الطول كله شمال وجنوب الاستواء إذ أن ذلك يبين الشكل الناتج وكأنه مسقطين متجاورين ويغير من الشكل المتكامل للنسطة.



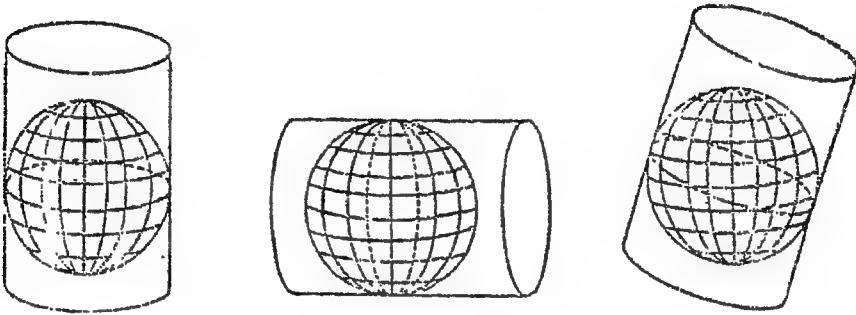
شكـ ٢٩

مسقط مولفايدى المنتظم

## الباب الخامس

### المساقط الإسطوانية

في هذه المجموعة من المساقط نبدأ بأسطوانة تمس الكرة الأرضية حول دائرة عظمى يمر ممسوها بمركز الكرة الأرضية .



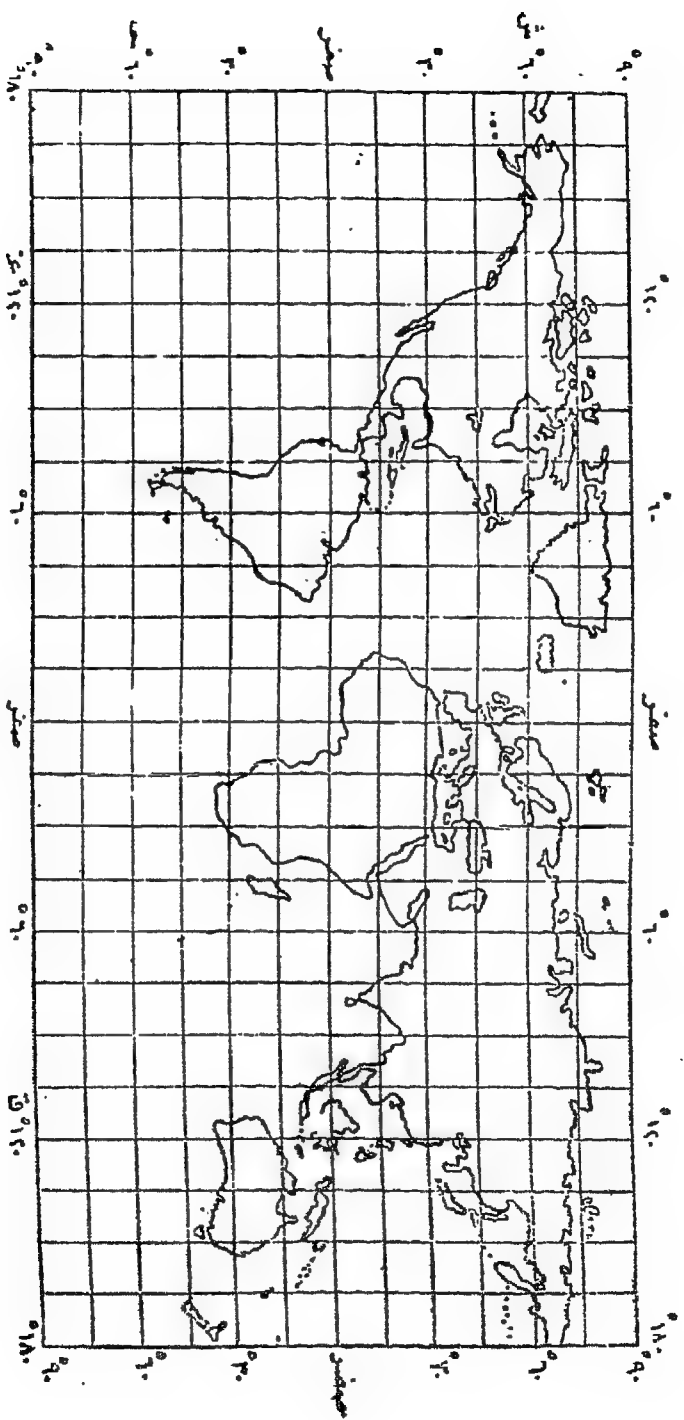
شكل ٣٠

هذه الأسطوانة قد تمس الأرض حول الاستواء وهي الحالة الشائعة ، وقد تمس الأسطوانة سطح الأرض حول أحد خطوط الطول ويسمى المسقط الناتج في هذه الحالة مسقط أسطوانى مستعرض ، وقد يكون التماس حول أى دائرة عظمى وعندئذ يسمى المسقط الناتج مسقط أسطوانى منحرف .

في كل مسقط أسطوانى تكون دائرة التماس على الخريطة مطابقة تماماً لنفس الدائرة على سطح الأرض .

#### ١ - المسقط الأسطوانى البسيط

هذا المسقط قليل الاستخدام ولكنه يوضح طريقة إنشاء أى مسقط أسطوانى . والمساقط الأسطوانية عامة تتفق مع بعضها في أن خطوط العرض



شکل ۲۱

المساحه على مستطاد اسطواني بسيط

عل المسقط مساوى فى أطرافها خط الاستواء . ومن هنا يتبين التشويه المتزايد  
الناتج مع الابتعاد عن الاستواء شمالا وجنوبا .

طريقة الرسم

ترسم شبكة من المربعات داخل مستطيل طوله يساوى طول خط الاستواء  
أى ٢ ط نق = ٤٠٠٢٤ كيلومتر وعرض المستطيل يساوى طول  
أحد خطوط الطول = ٢٠٠١٢ كيلومتر .

٢ - المسقط الاسطوانى متساوى المساحات

يشبه هذا المسقط الى حد ما المسقط الاسطوانى البسيط ولكنه يتميز  
عليه بخاصية تساوى المساحات . والمسافات بين خطوط الطول متساوية  
وتساوى المسافات المناظرة على خط الاستواء الأرضى ويتم التحكم فى المسافات  
بين خطوط العرض حتى تكون المساحات على المسقط مساوية للمساحات المناظرة  
على سطح الأرض .

يستخدم هذا المسقط فى خرائط التوزيعات لمناطق من العالم يتوسطها  
الاستواء .

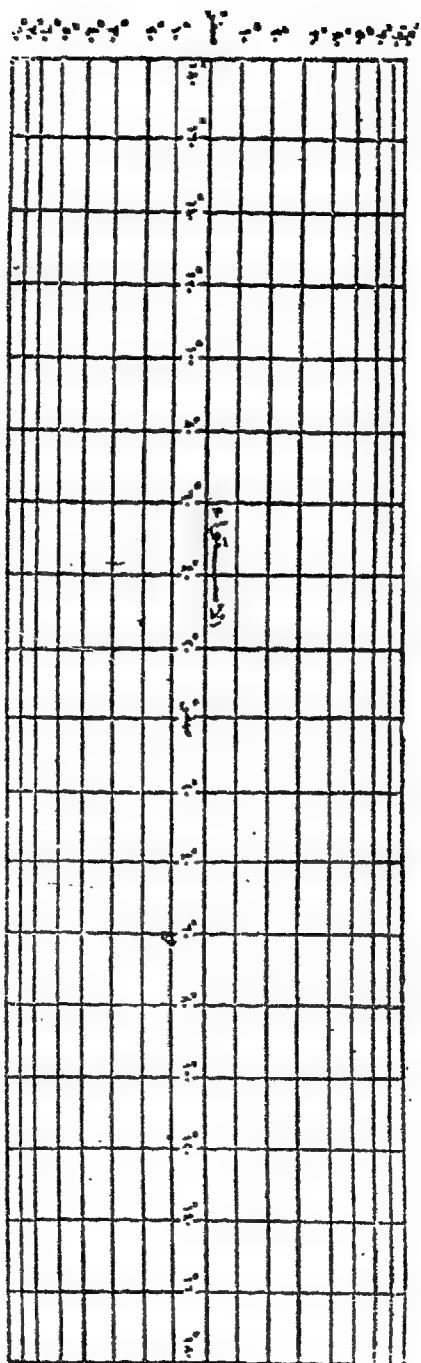
ويتميز بسهولة إنشائه .

طريقة الإنشاء

١ - يرسم خط أفقى يمثل الاستواء طوله ٢ ط نق = ٤٠٠٢٤ كيلومتر

٢ - يقسم الاستواء الى اقسام مقسارية ، تمثل كل نقطة تقسيم منها نقاط خط

الاستواء مع أحد خطوط الطول



الممكن البنفي لقطع الطريق متساوي المباحات

٣ - لما كانت مساحة منطقة على سطح الأرض بين الاستواء والعرض  $\phi$   
 $= ٢ ط بق جا \phi$  وهذه تساوى مساحة الممتطيل المناظر على المسقط وطوله  
 يساوى طول الاستواء  $= ٢ ط نق$

$$\therefore \text{عرض الممتطيل أى بعد العرض } \phi \text{ عن الاستواء} = \frac{٢ ط بق جا \phi}{٢ ط بق}$$

$$= بق جا \phi$$

وعلى ذلك الأبعاد ترسم خطوط العرض

مثال : مسقط اعطوائى متساوى المساحات للعالم كله بمقياس ١ : ٢٠٠ مليون

$$\text{نق} = ٣٠١٨٥ \text{ سم}$$

$$\text{طول الاستواء} = ٢ ط نق = ٢٠٠٠١٢ \text{ سم}$$

$$\text{بعد العرض } ١٠^\circ \text{ عن الاستواء} = \text{نق جا } ١٠^\circ = ٥٥٤٠ \text{ سم}$$

$$\text{د د } ٢٠^\circ \text{ د د} = \text{نق جا } ٢٠^\circ = ١٠٨٩ \text{ سم}$$

$$\text{د د } ٣٠^\circ \text{ د د} = \text{نق جا } ٣٠^\circ = ١٥٩٣ \text{ د}$$

$$\vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots$$

$$\text{د د } ٧٠^\circ \text{ د د} = \text{نق جا } ٧٠^\circ = ٢٠٩٩٣ \text{ د}$$

$$\text{د د } ٨٠^\circ \text{ د د} = \text{نق جا } ٩٠^\circ = ٣٠١٨٥ \text{ د}$$

## ٣ - المسقط الاسطراني التشابهي أو

### مسقط مركبتور

هو أول مسقط تم تصميمه في صورة عليية . وهو أهم مسقط في المجموعة الاسطوانية وأكبر المساقط شهرة وهو الوحيد المستخدم في خرائط الملاحة . صمم جيرارد دوس مركبتور هذا المسقط . ليعطى للملاحين خريطة تسهل لهم التعرف على خطوط السير بالبحار

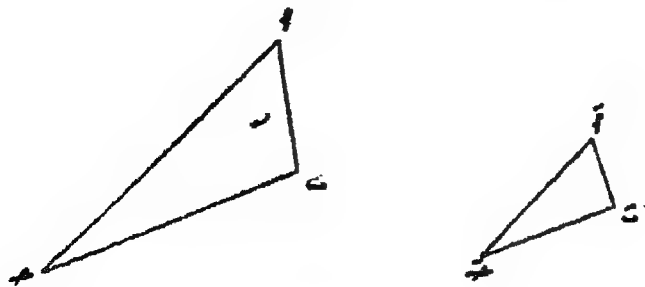
ولما كان الخط المستقيم هو أسهل الخطوط التي يمكن رسمها بين مكانين على الخريطة ، لذلك صمم مركبتور مسقطه بحيث أن الخط المستقيم المرسوم عليه يمثل خط اتجاه ثابت - وبذلك توصل إلى أن خطوط الطول وهي التي تحدد اتجاه الشمال لا بد وأن تظهر على المسقط مستقيمة ومتوازية .

وبلغة المساقط يكون المسقط اسطوانيا :

خاصية التشابه

تتحقق هذه الخاصية في هذا المسقط وفي مساقط أخرى أيضا .

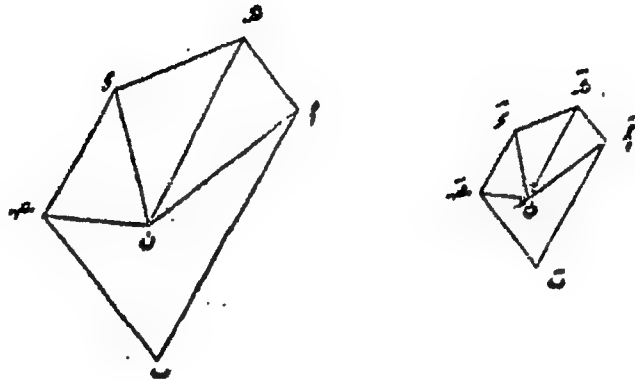
والتشابه الهندسي في المساقط هو تشابه شكل منطقة صغيرة من سطح الخريطة مع شكل المنطقة المناظرة على سطح الأرض .



شكل ٢٢

يتشابه المثلثان : ب ح ، ب ح' إذا تساوت الزوايا فيهما . وفي هذه الحالة تتناسب الأضلاع المتناظرة ويكون

$$\frac{ا ب'}{ا ب} = \frac{ب ح'}{ب ح} = \frac{ح ا'}{ح ا}$$

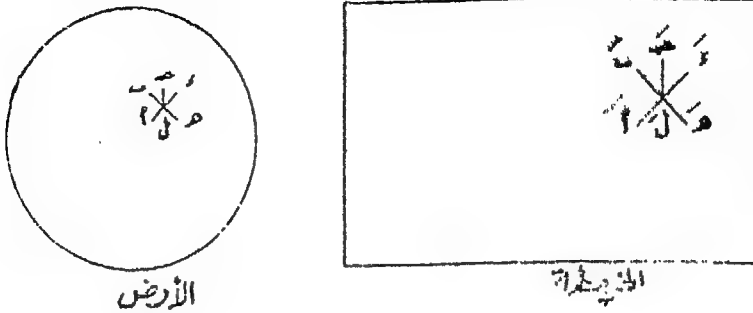


شكل ٢٤

وعندما يتشابه المثلثان ا ب ح و ا ب' ح' ، ا ب ح و ا ب' ح' تتساوى الزوايا المتناظرة .

كذلك لو أخذت نقطتان في كل مضلع منها مثل ن ، ن' ركانتا في موضعين متناظرين بالنسبة للمضلعين تكون الزوايا بين ن ، ب ، ح ، ن' و ... مساوية للزوايا بين ن' ، ا' ، ب' ، ن' ح' ، ن' ح' و ...

$$\dots = \frac{ن' ح'}{ن ح} = \frac{ن' ب'}{ن ب} = \frac{ن' ا'}{ن ا} \quad \text{ويكون}$$



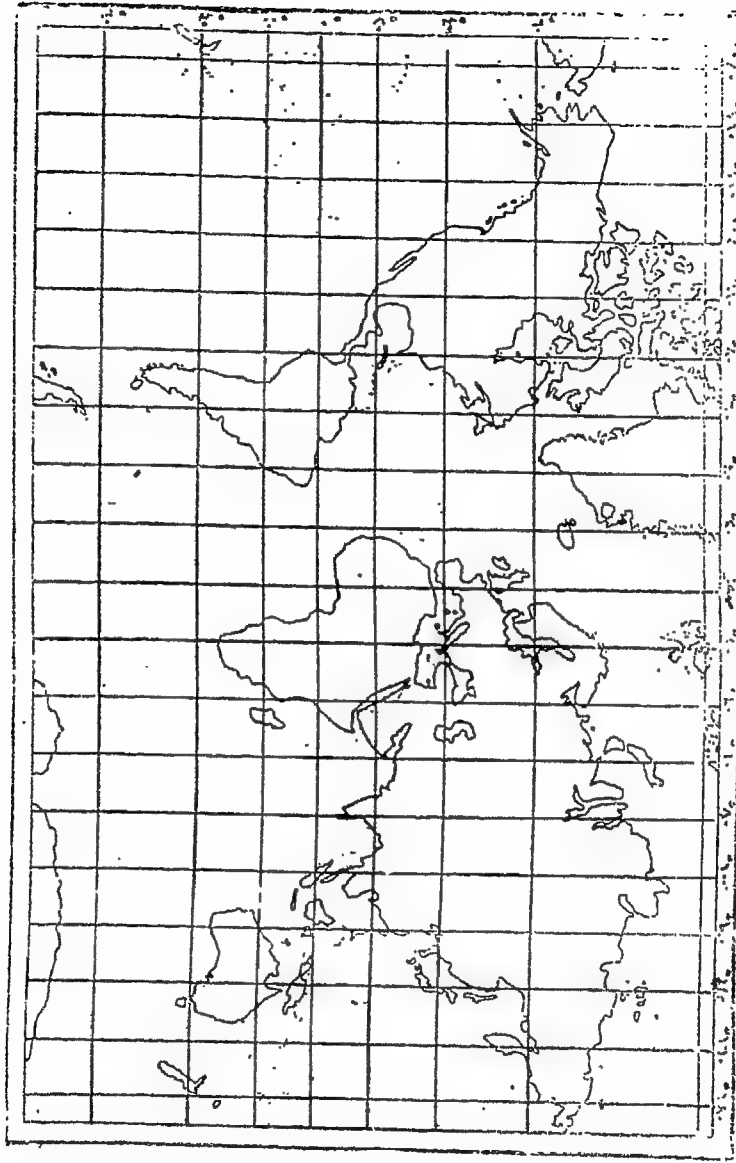
شكل ٣٥

وعندما نلقاه ، نقطة من سطح الأرض عند النقطة ل مع المنطقة المناظرة من سطح الخريطة عند النقطة ل' ، تكون الزوايا المرسومة عند ل على سطح الأرض مساوية للزوايا المناظرة المرسومة عند ل' على سطح الخريطة .

$$\dots = \frac{ل' ح'}{ل ح} = \frac{ل' ب'}{ل ب} = \frac{ل' ا'}{ل ا}$$

طريقة الإثبات

كما يتبين من اسم المسقط « استوائى » يتكون الهيكل الجغرافى من مجموعتين من الخطوط المتوازية المتعامدة . المجموعة الأولى تمثل خطوط الطول وتكون على أبعاد من بعضها تساوى أبعادها الحقيقية على خط الاستواء الأرضى . المجموعة الثانية تمثل خطوط العرض وتكون فتعامدة مع مجموعة خطوط الطول . وكما يتبين من اسم المسقط « تشابهى » يلزم أن تشابه المناطق الصغيرة من سطح الخريطة مع المناطق المناظرة من سطح الأرض . وهذه الخاصية التى تعنى تساوى الزوايا المناظرة وأيضا تناسب الأضلاع المناظرة تحدد أماكن خطوط العرض .



شكل ٣٦

العالم على مسقط مركبتور

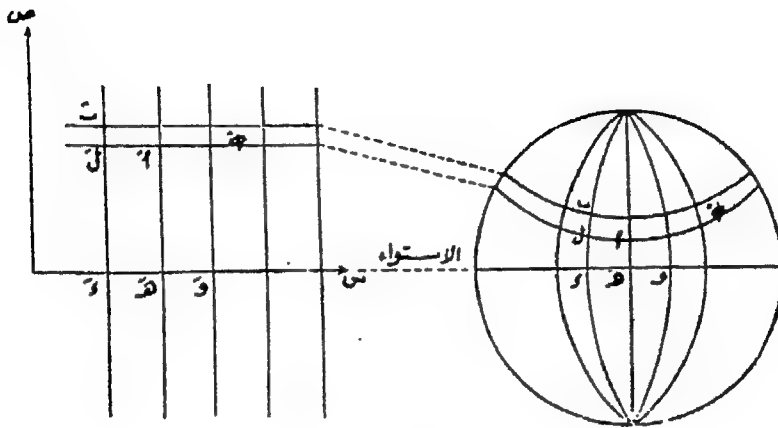
أولا : خطوط الطول

١ - يرسم خط أفقي يمثل الاستواء وطوله = ٢ م تق = ٤٠٠٢٤ كيلومتر

٢ — يقسم الاستواء الى عدد من الاقسام المتساوية ، تمثل كل نقطة تقسيم منها تقاطع خط الاستواء مع أحد خطوط الطول .

٣ — ترسم خطوط الطول مارة بنقط تقسيم خط الاستواء وعمودية عليه

ثانيا : خطوط العرض



شكل ٢٧

لايجاد البعد على المخطط بين خط العرض  $\phi$  وخط الاستواء أن نفرض هذا البعد  $\Delta$  ص

ل ،  $\lambda$  نقطتان على دائرة العرض  $\phi$  وتبعدان عن بعضهما بزاوية طول صغيرة مقدارها  $\Delta \lambda$

ب نقطة على خط طول  $\lambda$  وتبعد عن  $\lambda$  بزاوية عرض صغيرة مقدارها  $\Delta \phi$

نفرض أن  $\lambda'$  ،  $\phi'$  ، ب هي مساقط ل ،  $\lambda$  ، ب على الخريطة .

نفرض أن  $L'$ ،  $A'$  تبعثان عن بعضهما مسافة  $\Delta$  س

، ، ، ،  $L'$ ،  $A'$  ، ، ، ،  $\Delta$  ص

للتشابه بين الخريطة والأرض يكون

$$(1) \quad \frac{L'A'}{L} = \frac{L'A'}{L}$$

$$L'A' = H'W = H'W = \Delta \lambda$$

$$\text{كذلك } L = \Delta \lambda \cdot \phi$$

$$\text{وأيضا } L = \Delta \phi \cdot \lambda$$

وبالتعويض من العلاقات الثلاثة السابقة في العلاقة (١)

$$\frac{\Delta \lambda \cdot \phi}{\Delta \lambda \cdot \phi} = \frac{\Delta \phi}{\Delta \phi}$$

$$\Delta \phi = \Delta \phi$$

بالتخاذ الاستواء على الخريطة محورا للـ  $\lambda$  ينات وأي خط من خطوط الطول

محورا للـ  $\phi$  الصادات وبإجراء التكامل .

$$\int_{\phi}^{\phi} \phi = \int_{\lambda}^{\lambda} \lambda$$

$$\phi = \left( \frac{\phi}{\lambda} + 10 \right) \lambda = \left( \frac{\phi}{\lambda} + 10 \right) \lambda$$

وبالطبع من = تق ٠ ٨

ولحساب مسقط مركبتور لمنطقة من سطح الأرض بعيدة عن الاستواء نجد أن جميع الأطوال على المسقط أكبر بكثير من الأطوال المناظرة على سطح الأرض لذلك من المعتاد تصغير حجم الخريطة بنسبة جيب تمام العرض الأوسط للمنطقة وعندئذ تقرب الأطوال على المسقط من القيم الحقيقية لها على سطح الأرض .

مثال

لإيجاد أبعاد خريطة بمسقط مركبتور لمنطقة من سطح الأرض يحدها شمالا العرض ٥٨° شمالا ويحدها جنوبا العرض ٣٦° شمالا . كما يحدها شرقا الطول ١٠° غرب ويحدها غربا الطول ٤٨° غرب . والمقياس ١ : ٢ مليون

الاتساع الطولي = ٤٨ - ١٠ = ٣٨° طولية

$$\text{العرض الأوسط} = \frac{٣٦ + ٥٨}{٢} = ٤٧^\circ$$

$$\text{تق} = ٣١٨٥٠٠ \text{ سم}$$

$$\text{امتداد الخريطة مع درجات الطول} = \text{تق} \cdot ٠.٨٥ \cdot \frac{\text{ط}}{١٨٠} = ٤٧^\circ \text{ جتا}$$

$$= ١٤٤٥٠٦٣ \text{ سم}$$

المسافة المركبتورية من الاستواء الى العرض ٥٨° شمال

$$= \text{تق لو ه ظا} ( \frac{٥٨}{٢} + ٤٥ ) = ٣٩٧٨٥٨ \text{ سم}$$

المسافة المركبتورية من الاستواء الى العرض ٣٦° شمال

$$= \text{تق لو ه ظا} ( \frac{٣٦}{٢} + ٤٥ ) = ٢١٤٥٧٥٧ \text{ سم}$$

امتداد الخريطة مع درجات العرض

$$= ( ٢١٤٥٧٥٧ - ٣٩٧٨٥٨ ) \text{ جتا } ٤٧^\circ = ١٢٤٥٨٧٤ \text{ سم}$$

# الباب السادس

## المساقط الاتجاهية

ترسم هذه المساقط على سطح مستوى يمس الكرة الأرضية عند نقطة محددة. وعادة يتم اختيار نقطة التماس بحيث تتوسط المنطقة المطلوب بيانها على الخريطة. وفي أغراض خاصة ، كما في خرائط تحديد الاتجاهات الاستوائية مثلا ، تكون نقطة التماس عند موقع جغرافي محدد هو موقع محطة الإرسال الاستوائية .

تسمى نقطة تماس سطح الخريطة مع سطح الأرض مركز الخريطة .

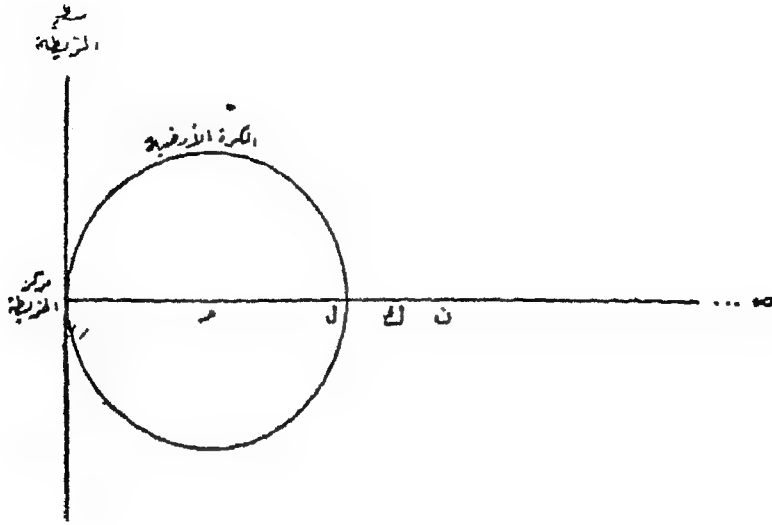
تنقسم المساقط الاتجاهية إلى قسمين رئيسيين : منظور وغير منظور .  
والقسم المنظور منها يوضح صورة الإسقاط من سطح الأرض إلى سطح الخريطة

### أولاً : المساقط الاتجاهية المنظورة

تتصور أن سطح الأرض جسم شفاف تنفذ منه الأشعة الضوئية .

ويوجد هناك مصدر ضوئي مشع تنفذ أشعته من سطح الأرض وتسقط على السطح المستوي المطلوب الإسقاط عليه وتترك ظلالاً تمثل شبكة خطوط الطول والعرض .

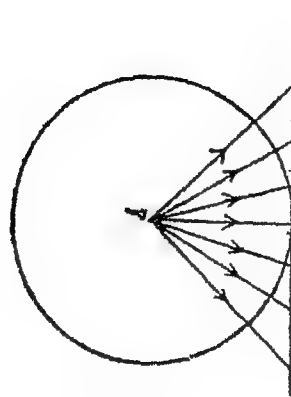
في جميع حالات المساقط الاتجاهية المنظورة تكون نقطة الإشعاع ، وتسمى مركز الإسقاط ، إحدى نقط القطر الذي يمر بمركز الخريطة . وفي كل مرة يأخذ مركز الإسقاط موضعاً معيناً ، ينتج مسقط له خصائص مميزة .



شكل ٣٨

هناك ثلاثة حالات رئيسية للمسافة الاتجاهية المنظورة (بالإضافة إلى حالات أخرى) نذكرها فيما يلي

#### الحالة الأولى



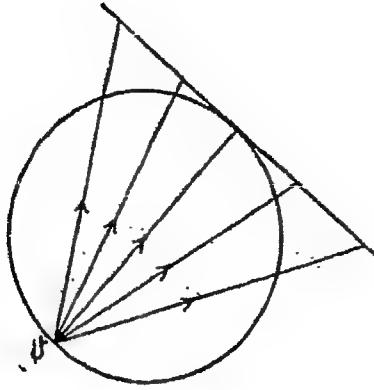
شكل ٣٩

اسقاط مركزي

يكون مركز الإسقاط عند مركز الكرة الأرضية (م) ويسمى للمقط

الناتج مسقط مركزي

الحالة الثانية :



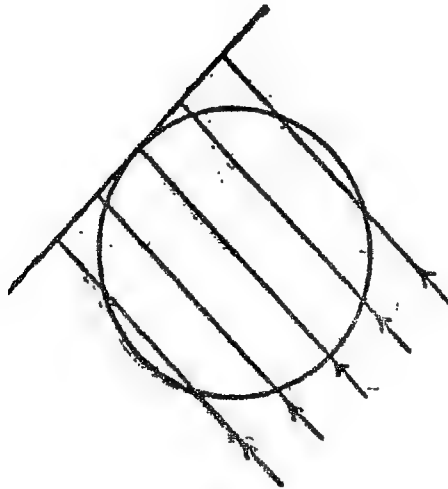
شكل ٤٠

اسقاط استريوجرافي

يكون مركز الإسقاط عند النهاية الأخرى (ل) للقطر الذي يمر بمركز الخريطة.

ويسمى المسقط الناتج مسقط مجسم أو استريوجرافي

الحالة الثالثة :



شكل ٤١

اسقاط أورتوجرافي

يسكون مركز الاسقاط على امتداد القطر الذى يمر بمركز الخريطة وعلى  
مسافة لانهائية . ويسمى المسقط الناتج مسقط صحيح أو اورثوجرافى  
الحالة الرابعة

يسكون مركز الاسقاط عند نقطة (ك) شكل - ٣٨ - التى تبعد عن مركز الارض  
بمسافة  $K = 17367$  نق  
ويسمى المسقط الناتج مسقط هنرى جيمس .

#### الحالة الخامسة

يسكون مركز الاسقاط عند نقطة ( ن ) - شكل ٣٨ - التى تبعد عن مركز  
الارض بمسافة  $N = 1771$  نق  
ويسمى المسقط الناتج مسقط لاهير  
ثانيا : المساط الاتجاهية الغير منظورة

في هذه المساط تنقل المعالم الجغرافية من سطح الارض الى سطح الخريطة  
طبقا لإحدى القاعدتين الآتيتين :

#### الحالة الأولى

تسكون المسافة على الخريطة بين أى موقع ومركز الخريطة مساوية للمسافة  
على سطح الارض بين نظير هذا الموقع ومركز الخريطة .  
ويسمى المسقط الناتج مسقط اتجاهى متساوى المسافات

#### الحالة الثانية

تسكون المساحة على الخريطة لمنطقة معينة مساوية للمساحة المناظرة على  
سطح الارض .

ويسمى المسقط الناتج مسقط اتجاهى متساوى المساحات  
تحتاج دراسة بعض المساط الاتجاهية الى معرفة رياضية أعلى من مستوى

الدراسة في هذا الكتاب . ولذلك سوف لا نتطرق دراسة المسافات الاتجاهية الى الحالات التى تحتاج الى رياضيات معقدة . وسنذكر في بعض الحالات الطريقة البيانية لرسم المسقط وهى الطريقة التى لا تعتمد على الحسابات المطولة بقدر ما تعتمد على الدقة فى الرسم .

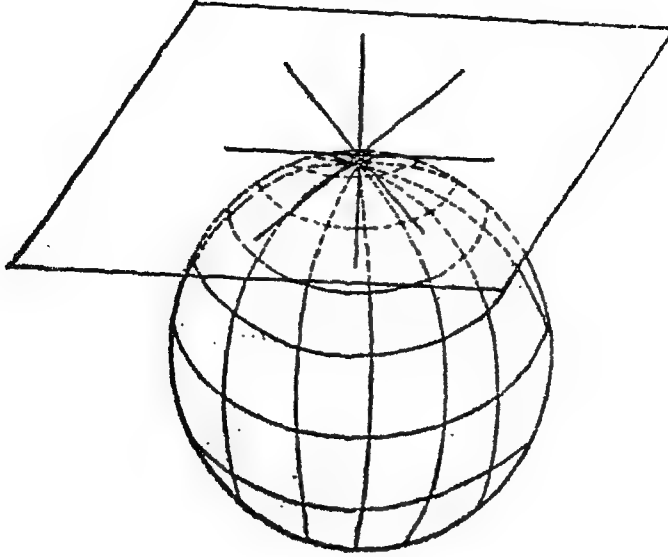
### ١ - المسقط المركزى

يستخدم المسقط المركزى فى خرائط الملاحة البحرية والجوية إذ أن الخط المستقيم الذى يصل بين مكانين مرسومين على الخريطة يمثل أقصر مسافة بين هذين المكانين على سطح الأرض .

بين نقطتين على سطح الأرض يمكن رسم عدد لا نهائى من أقواس الدوائر ولكن قوس الدائرة العظمى يكون أقصرها . والدائرة العظمى على سطح الأرض هى الدائرة التى يمر مستواها بمركز الأرض وبذلك يكون قطرها مساويا لقطر الأرض . فدائرة الاستواء دائرة عظمى ولكن دوائر العرض الأخرى دوائر صغيرة . بالمثل خطوط الطول تكون أنصاف دوائر عظمى .

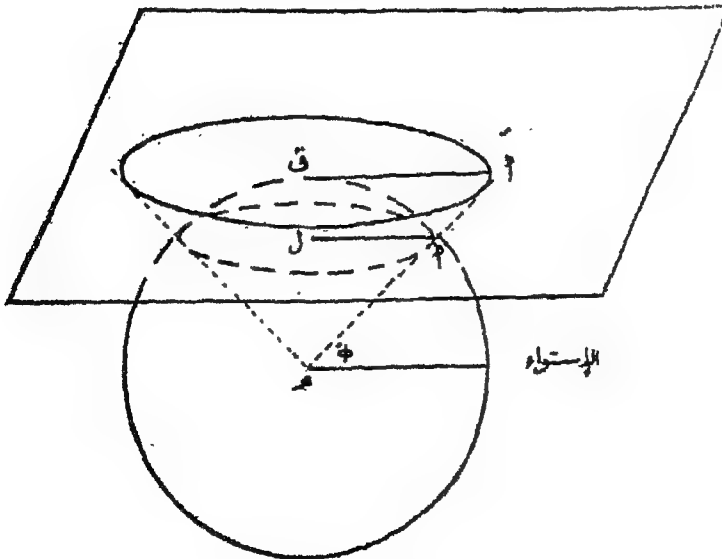
ولإسقاط دائرة عظمى مرسومة على سطح الأرض من مركز الإسقاط موجود عند مركز الأرض ، تمر أشعة الإسقاط فى نفس مستوى الدائرة العظمى الى أن تقابل مستوى الخريطة فى خط مستقيم يمثل تلك الدائرة العظمى . ومن هنا يتضح أن كل خط مستقيم على سطح الخريطة المرسومة بالمسقط المركزى يمثل دائرة عظمى على سطح الأرض .

أولاً - المخطط المركزي القطبي



شكل ٤٢

سطح الخريطة يس سطح الأرض عند القطب  
والإسقاط يتم من نقطة عند مركز الأرض



شكل ٤٣

واضح أن خطوط الطول تسقط الى خطوط ممتقيمة ، وتكون الزوايا بينها مساوية للزوايا الأصلية بين خطوط الطول عند القطب .

وواضح أيضا أن دوائر العرض تسقط الى دوائر مركزها هو نقطة القطب  
ولكن بأقطار أكبر من الأقطار الأصلية على سطح الأرض .

الخصائص الهندسية للهيكل الجغرافي

١ - خطوط الطول مستقيمة متلاقية عند القطب والزوايا بينها مساوية للزوايا الأصلية على سطح الأرض . وخطوط العرض تقطع الى دوائر مركزها نقطة القطب .

٢ — لإيجاد قيمة نصف قطار دائرة العرض  $\phi$  (نقطة)

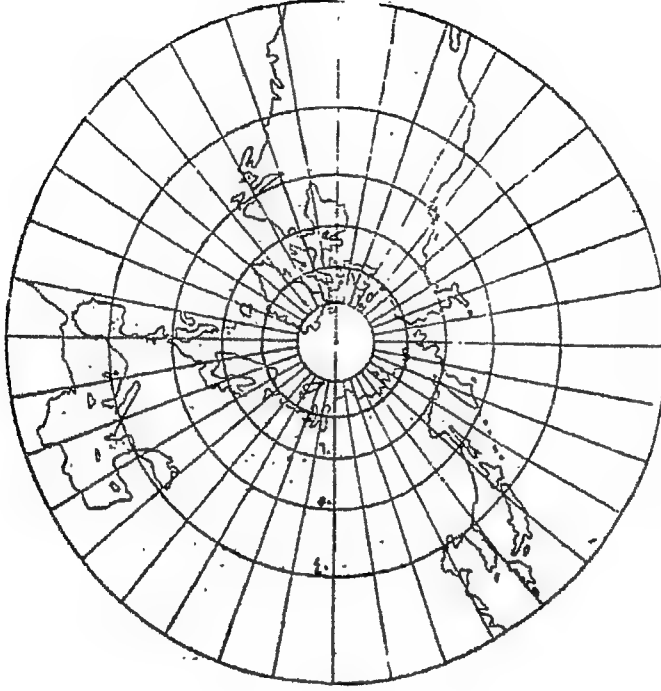
في شكل ٤٣ م مركز الأرض ، ق نقطة القطب ، ل مركز دائرة العرض  $\phi$  المرسومة على سطح الأرض .

$$\phi \text{ في المثلث م } = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 75^\circ}$$

$$\phi = \phi_{\text{نق}} = \phi_{\text{ظنا}}$$

٣ - واضح أن المقياس يتزايد مع الابتعاد عن نقطة القطب ويعجز  
عن بيان دائرة الاستواء .

### طريقة الانشاء



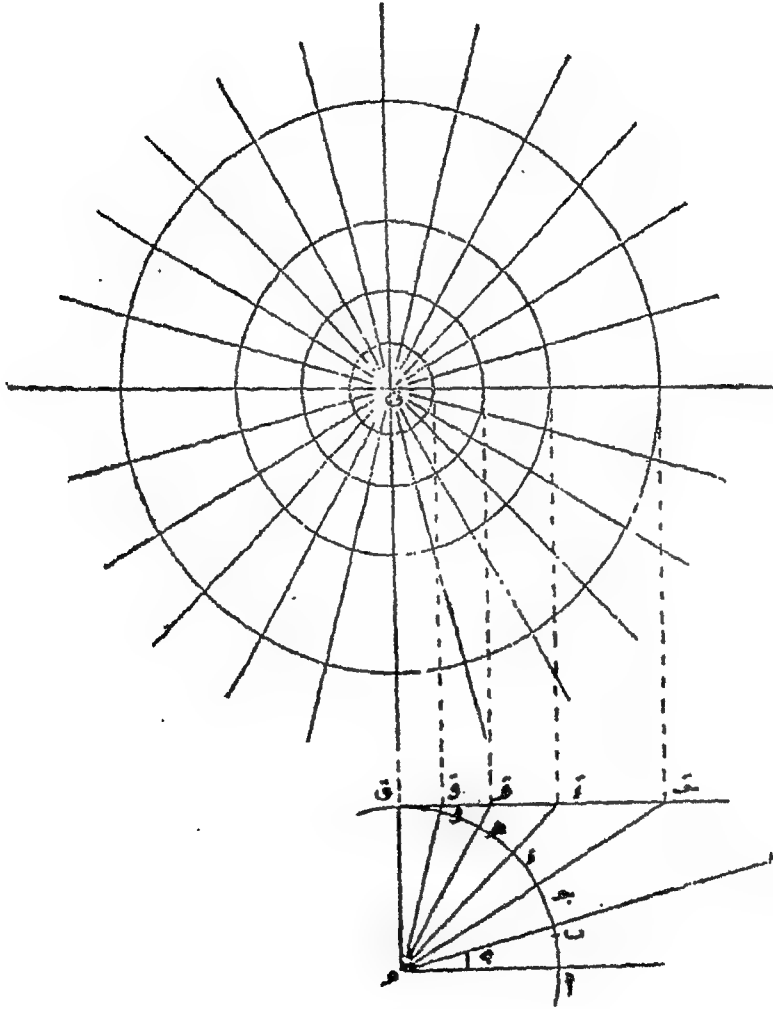
شكل ٤٤

المناطق الشمالية من العالم على مسقط مركزي

١ — ترسم مجموعة من الخطوط المتقابلة في نقطة تصنع فيها بينها زوايا متساوية ( ١٠° في شكل ٤٤ ) . هذه الخطوط تمثل خطوط الطول

٢ — من نقطة تقابل خطوط الطول ( التي تمثل القطب ) كمركز — ترسم دوائر العرض بأصاف أقطار تساوي  $\sin \phi$  (  $\sin ٨^\circ$  ،  $\sin ١٧^\circ$  ، ... في شكل ٤٤ ) . هذه الدوائر تمثل دوائر العرض

الطريقة البيانية لرسم المخطط المركزي القطبي



شكل ٥٥

١ - من المركز م نرسم نصف دائرة تمثل خط طول على سطح الارض ويكون قطرها مطابقا للمقياس المطلوب .

- ٢ - نأخذ نقطة القطب ق أعلا القوس وعندما نرسم مماساً لقوس الدائرة  
٣ - نمدد م ق على استقامته الى نقطة ق' تمثل النقطة على المسقط .  
٤ - عند ق' نرسم مجموعة خطوط الطول تصنع فيها بينها الزوايا المطلوبة .  
٥ - نحدد النقطة ا ، ب ، ج ، د ، هـ ، و ، ... على قوس خط الطول تمثل تقاطعات خطوط العرض المختلفة .

- ٦ - نمدد الخطوط المستقيمة م ب ، م ج ، م د ، م هـ ، ... الى أن  
تقابل المماس عند ق' في النقطة ب' ، ج' ، د' ، هـ' ، ... على التوالي .  
٧ - من المركز ق' نرسم دوائر العرض بانصاف اقطار تساوى ق' ب ،  
ق' ج ، ق' د ، ق' هـ ، ... ينتج المسقط المطلوب .

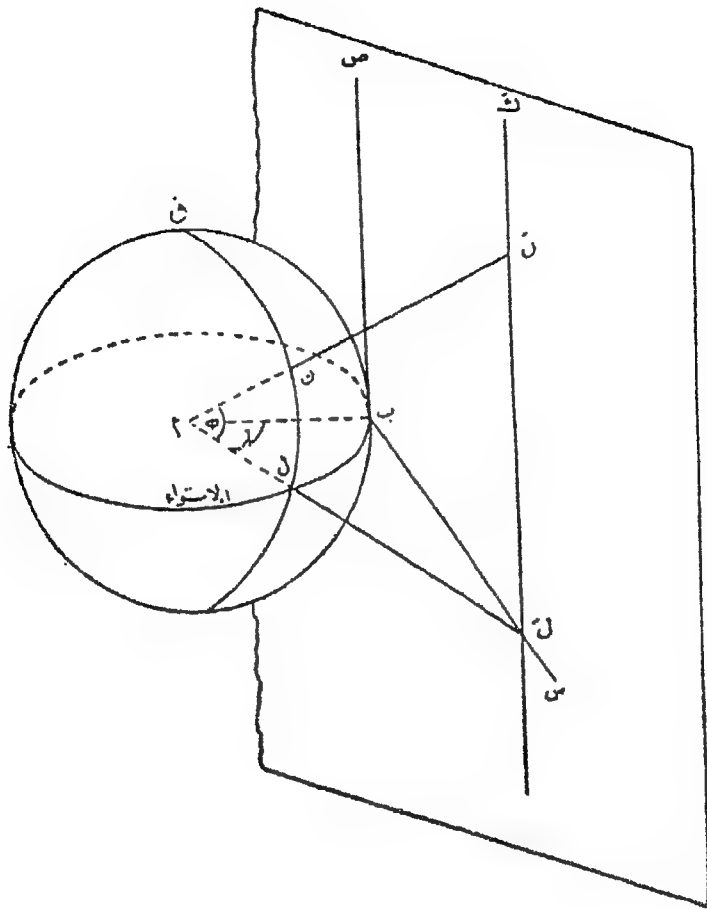
ملحوظة : كما يتضح من الطريقة السابق شرحها ، تتلخص الطريقة البيانية في إيجاد الأبعاد المطلوبة المسقط عن طريق الرسم وبدون الالتجاء الى الحساب .

فمثلاً اوجدنا طول نصف قطر دائرة العرض ق' د' باستخدام طولاً  
مرسوماً يـ اوى نصف قطر الأرض وهو م ق' وباستخدام زاوية مرسومة  
تساوى زاوية العرض ا م د . وبذلك أصبح ق' د' يمثل تقاطعاً .

يطبق نفس المبدأ في الطرق البيانية المستخدمة لرسم المساقط الأخرى أى  
نحصل بطريق الرسم على أطوال بدلاً من الحصول على قيمتها بالحساب .

### ثانياً المسقط المركزى الاستوائى

- سطح الخريطة يمس - سطح الأرض عند نقطة على الاستواء مثل ب



شكل ٤٦

نتصور أن دائرة الإستواء تقع في مستوى الكتاب . وبذلك يكون مستوى الخريطة عموديا على مستوى الكتاب .

واضح أن خط طول النقطة ب يسقط على الخريطة خطا مستقيما عند تقابل مستواه مع مستوى الخريطة . أي الخط ب س .

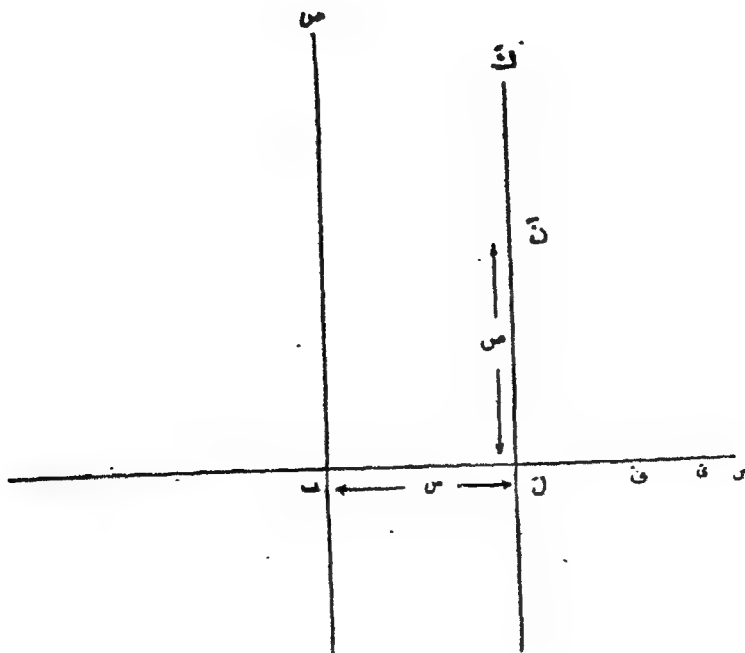
وواضح أن خط الإستواء يسقط على الخريطة عموديا على ب س عند نقطة ب أي ب س .

اي خط- من خطوط الطول المرسومة على سطح الأرض مثل ق ل الذي يقابل الاستواء عند نقطة ل يسقط على الخريطة عند تقابل مستواه مع مستوى الخريطة . ويكون خط تقابل المستويين موازيا للخط ب ص .

مسقط خط الطول ق ل يقابل مسقط الاستواء ( ب س ) عند نقطة ل الواقعة على امتداد الخط م ل . ونفرض أن هذا الخط هو ل ك .

إذا كانت النقطة ن على خط الطول ق ل على سطح الأرض وتقع عند خط العرض  $\phi$  ، فإن مسقطها ن على الخريطة يقع على امتداد الخط م ن ويقع على الخط ل ك .

الخصائص الهندسية للمسقط



بالرجوع الى شكل ٤٦

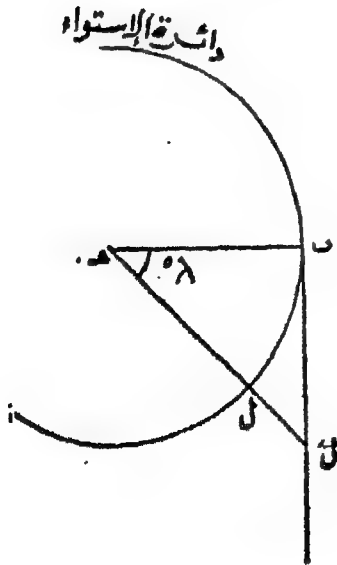
على سطح الخريطة نأخذ محورا للمعادات الخط ب ص وهو ممقط خط طول نقطة للتماس . ونأخذ محورا للسينات الخط ب س وهو ممقط خط الاستواء .

يتحدد موقع النقطة ن ( وهي ممقط النقطة ن على سطح الارض والتي تقع على خط الطول الذي يبعد بزاوية طول  $^{\circ} ٨$  عن خط التماس ، كما تقع على العرض  $\phi$  ) ؛ بدلالة الاحداثيات :

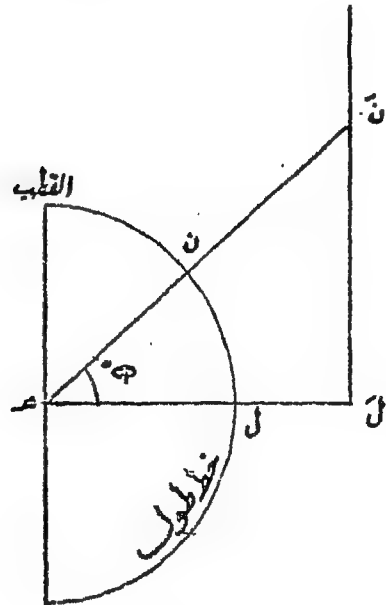
$$س = ب ل ، ص = ل ن$$

على الكرة الأرضية زاوية  $\lambda$  هي الزاوية ب م ل

وزاوية  $\phi$  د د ن م ل



شكل ٤٩



شكل ٤٨

١ - في المثلث  $ب م ل$  القائم عند  $ب$   
والذي فيه  $ب م =$  نصف قطر الأرض  $س$

$$ب ل = س \cos \lambda$$

$$(١) \quad س = س \cos \lambda$$

$$(٢) \quad \text{كذلك } ب ل = ب م \cos \lambda = س \cos \lambda$$

٢ - في المثلث  $ن ل م$  القائم عند  $ل$

$$ن ل = ب م \cos \phi$$

وبالتعويض عن قيمة  $ب ل$  بما يساويها من العلاقة (٢) ينتج أن :

$$(٢) \quad ن ل = س \cos \lambda \cos \phi$$

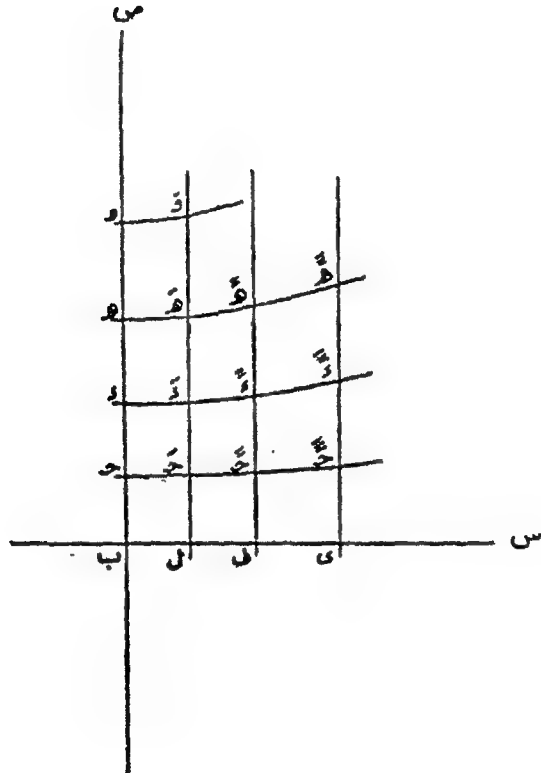
نمطى المعادلتان (١) ، (٢) موقع النقطة  $ن$  على الخريطة .

٣ - واضح أن كلا من  $س$  ،  $ص$  تمثلان قيمًا أكبر من الأبعاد الأصلية على سطح الأرض . أى أن المقياس على الخريطة يكون أكبر ويزايد مع الابتعاد عن مركز الخريطة  $ب$  .

طريقة الإنشاء

١ - نرسم خطين متعامدين الأفقى  $ب س$  يمثل الاستواء والرأس  $ب$   $ص$  يمثل خط الطول الأوسط .

٢ - نحدد مواقع النقاط  $ل$  ،  $ف$  ،  $ي$  ، ... على الاستواء التى تمثل تقاطع خطوط الطول . كل نقطة منها تبعد عن مركز الخريطة  $ب$  بمسافة  $ب س \cos \lambda$  حيث  $\lambda$  هو فرق الطول بين النقطة ومركز الخريطة .



شکل ٥٠

فإذا كانت خطوط الطول ممثلة على المقياس كل ١٠ درجات

$$\text{ب ل} = \text{س ظا } ١٠ = ١١٢٣٢٠ \text{ كم}$$

$$\text{ب ف} = \text{س ظا } ٢٠ = ٢٣١٨٧٤٩ \text{ م}$$

$$\text{ب ي} = \text{س ظا } ٣٠ = ٣٦٧٧٧٢ \text{ م}$$

٣ — عند النقطة ل ، ف ، ي ، ... نرم خطوط مستقيمة موازية لخط الطول الأوسط . هذه الخطوط تمثل خطوط الطول .

٤ — نحدد مواقع النقاط ح ، و ، هـ ، على خط الطول الأوسط والتي تمثل تقاطع دوائر العرض . كل نقطة منها تبعد عن مركز الخريطة ب بمسافة = نق قاصفرا ظا  $\phi$  . حيث  $\phi$  هو قيمة العرض .

فإذا كانت خطوط العرض ممثلة على الما-قط كل ١٠ درجات

$$ب ح = نق قاصفرا ظا ١٠ = ١١٢٣٠٢٠ كم$$

$$ب و = نق قاصفرا ظا ٢٠ = ٢٣١٨٠٤٩$$

$$ب هـ = نق قاصفرا ظا ٣٠ = ٣٦٧٧٠٧٢$$

٥ — نحدد مواقع النقاط ح' ، و' ، هـ' على خط الطول الذي يمر بنقطة ل

وكذلك مواقع النقاط ح'' ، و'' ، هـ'' على خط الطول الذي يمر بنقطة ف

وكذلك مواقع النقاط ح''' ، و''' ، هـ''' ... وهكذا

بحيث تبعد كل نقطة عن الاستواء بمسافة = نق قاصفرا ظا  $\lambda$  . حيث  $\lambda$  هو فرق الطول بين النقطة وخط الطول الأوسط وحيث  $\phi$  هو قيمة العرض .

وبذلك نحصل على الأبعاد الآتية :

$$ل ح' = نق قاصفرا ظا ١٠ = ١١٤٠٠٥٢$$

$$ل و' = نق قاصفرا ظا ٢٠ = ٢٣٥٤٠٢٦$$

$$ل هـ' = نق قاصفرا ظا ٣٠ = ٣٧٢٤٠٤٦$$

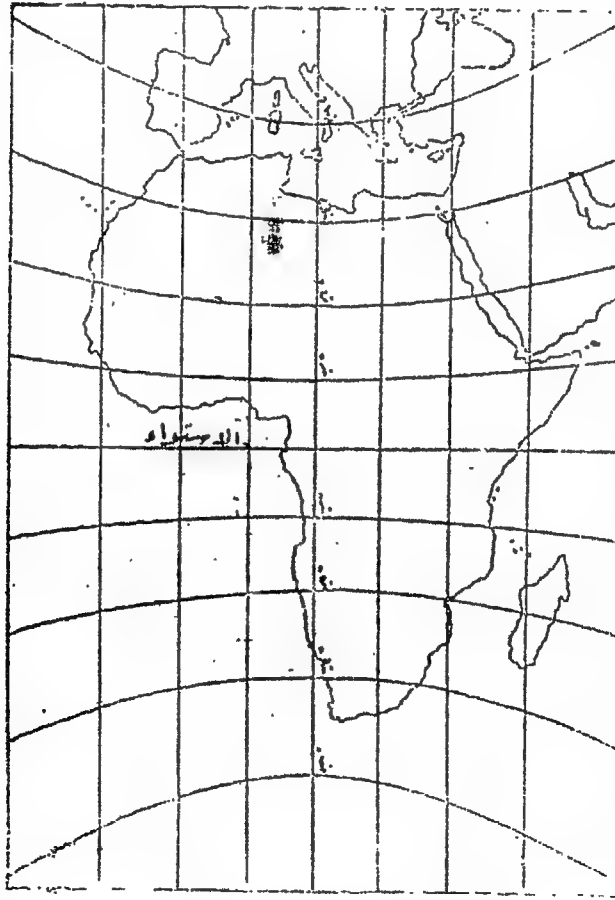
ويكون

$$ف ح = تق ق ا ٢٠ ظا ١٠ = ١١٩٥٠٣١$$

$$ف و = تق ق ا ٢٠ ظا ٢٠ = ٢٤٦٧٣٩$$

$$ف ه = تق ق ا ٢٠ ظا ٣٠ = ٣٩١٣٧٥ \dots الخ$$

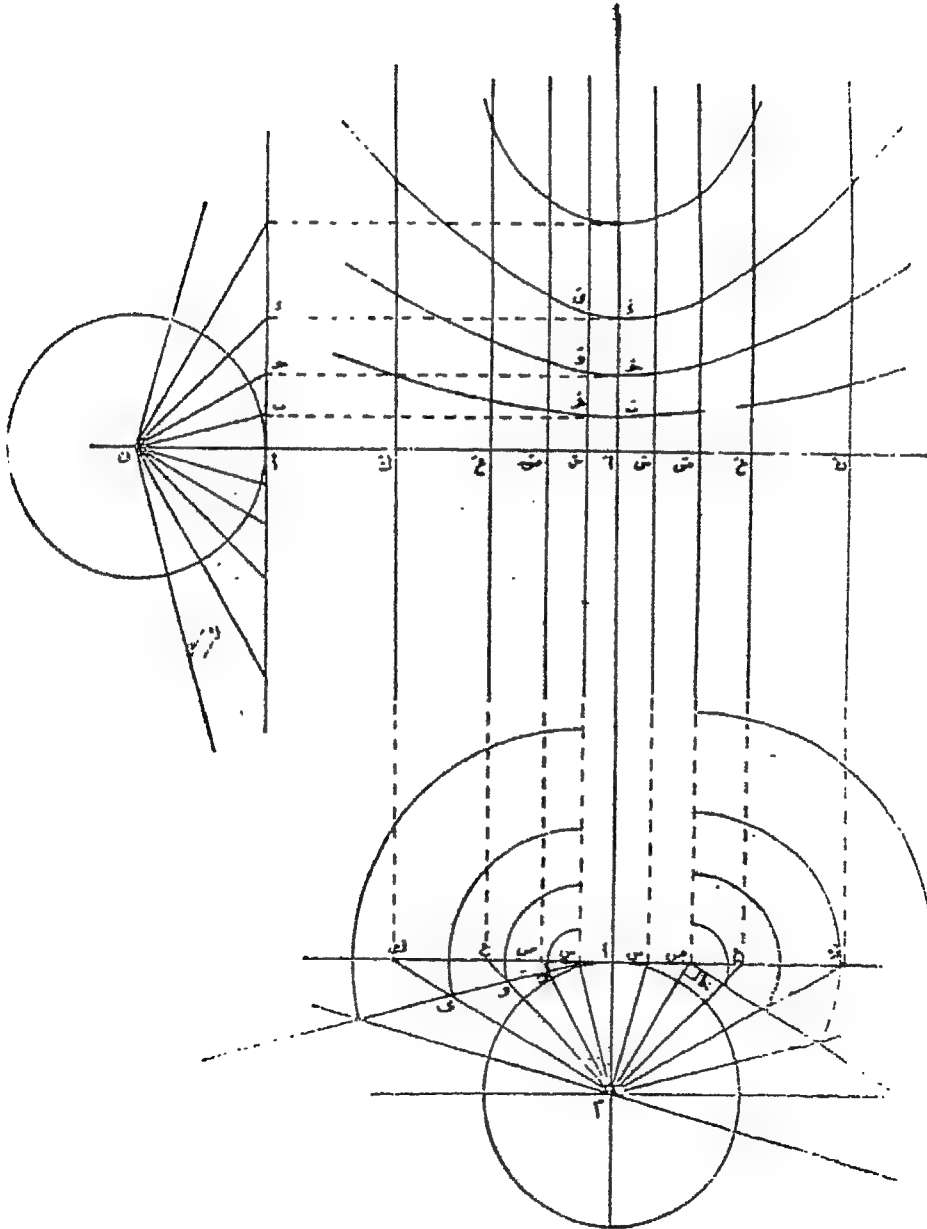
٦ - كان المسقط منبسطا بالنسبة لخط الطول الأوسط بالنسبة للاستواء،  
لذلك توقع النقاط السابقة في الأرباع الثلاثة الباقية من الخريطة .  
٧ - ترسم منحنيات العرض تمر بالنقط المتناظرة على كل خط طول . مثل  
ح ، ح' ، ح'' ، ... وكذلك و ، و' ، و'' ، ...



شكل ٥١

أفريقيا على مركزي استوائى - المركز عند الطول ١٥° شرق

الطريقة البيانية لرسم المسقط المركزي الالة - وائي



شكل ٥٢

## طريقة الرسم

١ - نرسم دائرتين متساويتين قطر كل منهما يساوى قطر الأرض تبعاً للقياس المطلوب .

الدائرة التى مركزها م تمثل الاستواء والآخرى ومركزها ن تمثل خط الطول الأوسط .

٢ - نرسم خطاً أفقياً من ن يمثل الاستواء على المسقط .

٣ - نرسم خطاً رأسياً من م يمثل خط الطول الأوسط على المسقط يقابل الاستواء فى نقطة .

٤ - نرسم زوايا العرض من المركز ن شمال وجنوب الاستواء ، ونمد أضلاع الزوايا إلى أن تقابل المماس الرأسى للدائرة فى عند النقطة ب ، ح ، و . وتكون النقطة المقابلة ب ، ح ، و ، ... على خط الطول الأوسط هى مواقع تقابله مع دوائر العرض .

٥ - نرسم زوايا الطول من المركز م شرق وغرب الطول الأوسط ، ونمد أضلاع الزوايا إلى أن تقابل المماس الأفقى للدائرة م عند النقطة س ، ص ، ع ، ... وتكون النقطة المقابلة س ، ص ، ع ، ... على الاستواء هى مواقع تقابله مع خطوط الطول .

٦ - نرسم خطوط الطول تمرر بالنقطة س ، ص ، ع ، ... موازية لخط الطول الأوسط .

٧ — لإيجاد نقط تقابل دوائر العرض مع خط من خطوط الطول ، وليكن خط الطول الذي يمر بالنقطة س<sup>٢</sup> مثلا : نرسم عند النقطة س خطا عموديا على م س يقابل الخطوط المجرورة م ص ، م ع ، م ل ، ... في النقطة ه ، و ، ي ، ... تكون س ه ، س و ، س ي ، ... هي أبعاد دوائر العرض عن الاستواء .

٨ — على خط الطول الذي يمر بالنقطة س<sup>٢</sup> نحدد المسافات

س<sup>٢</sup> ه<sup>٢</sup> ، س<sup>٢</sup> و<sup>٢</sup> ، س<sup>٢</sup> ي<sup>٢</sup> ، ... مساوية للمسافات  
س ه ، س و ، س ي ، ... على الترتيب

٩ — نكرر الخطوتين ٧ ، ٨ مع باقى خطوط الطول ، نحصل على نقط تقابلها مع دوائر العرض المختلفة .

١٠ — نصل مجموعات النقط المتناظرة لنشكل منحنيات العرض .

### ثالثا : المسقط المركزى المنحرف

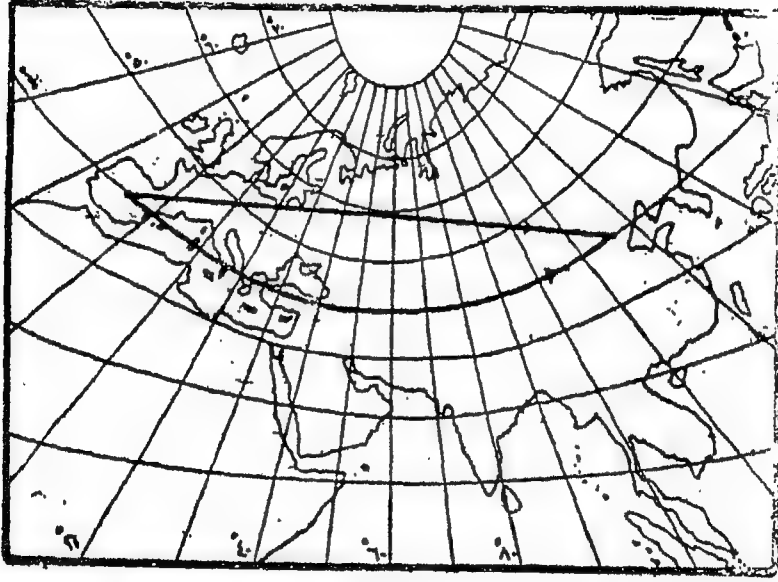
يرسم المسقط المركزى المنحرف بالطريقة الحسابية وذلك للخرائط ذات المقياس الكبير .

وفى هذه الحالة يتم حساب المسافة القوسية ( مقسدة بالدرجات ) على سطح الأرض من مركز الخريطة إلى جميع المواقع التى تشكل الهيكل الجغرافى للمسقط . كما يتم حساب انحرافات تلك المواقع عن اتجاه الشمال عند مركز الخريطة .

ويتمكون الهيكل الجغرافى المطلوب من مساواة تلك النقط . ويبعد مسقط

كل نقطة عن مركز الخريطة بمسافة تساوى تق طاً ( انسافة القوسية مقسدة بالدرجات ) ويكون على نفس الانحراف الاصلى على سطح الارض .

واطول الحسابات الخاصة بهذا المسقط لا يستخدم الا قليلا فى الخرائط الجغرافية ، ولكنه واجب الاستخدام فى الخرائط ذات الاغراض الخاصة مثل خرائط الملاحة البحرية والجوية عندما يلزم التعرف على مسار أقصر الطرق .



شكل ٥٣

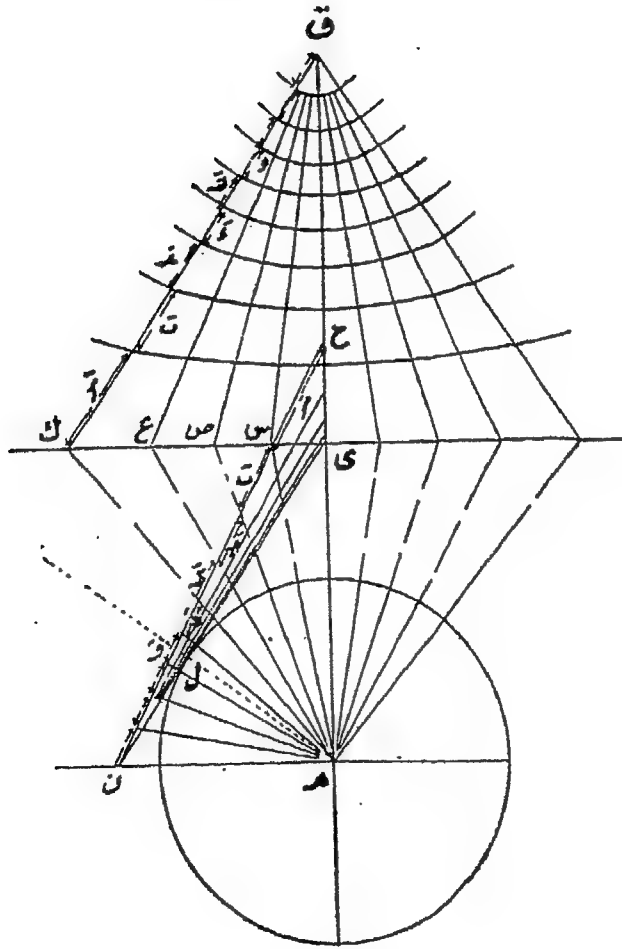
أوروبا وآسيا على مسقط مركزى منحرف  
الخط المستقيم بين مدريد وبكين يمثل المسار على الدائرة العظمى  
الخط المنحنى بينهما يمثل المسار فى اتجاه الشرق .

وفى نهاية هذا الباب يوجد مثال محسوب لمسقط مركزى منحرف باستخدام

المسافات والاتجاهات على سطح الأرض من مركز الخريطة إلى باقى النقط.  
المطلوب بيانها على الهيكل الجغرافى .

لرسم المسقط المركزى المنحرف بـ قياس صغير تستخدم الطريقة البيانية .

الطريقة البيانية لرسم المسقط المركزى المنحرف



شكل ٥٤

- ١ — نرسم دائرة تمثل الكرة الأرضية تبعاً للقياس المطلوب .
- ٢ — نرسم قطرين متعامدين في الدائرة أحدهما رأسي والآخر أفقي .
- ٣ — عند المركز م نرسم زاوية — مع القطر الرأسي تساوي زاوية عرض مركز الخريطة . فيقابل ضلع الزاوية محيط الدائرة عند نقطة ل .
- ٤ — نرسم مماساً للدائرة عند ل يقابل امتداد القطر الأفقي عند ن ويقابل امتداد القطر الرأسي عند ي .
- ٥ — نرسم خطاً أفقياً عند ي يمثل خط الاستواء على المسقط .
- ٦ — عند القطر الرأسي م ي على استقامته إلى نقطة ق بحيث يكون ق ي = ن ي . نقطة ق تمثل القطب على المسقط .
- ٧ — من مركز الدائرة م نرسم زوايا الطول المطلوبة لليمين ولليسار من القطر الرأسي م ي فتقابل مسقط الاستواء في النقط س ، ص ، ع ، ...
- ٨ — نصل القطب ق بالنقط س ، ص ، ع ، ... وتصبح تلك الخطوط خطوط الطول .
- ٩ — لإيجاد نقط تقاطع خط طول مثل ق ك مع باقي خطوط العرض، نرسم من النقطة ن مستقيماً ن ح طوله يساوي طول ق ك ويقع طرفه ح على الخط ق ي ( خط الطول الأوسط ) . يتقاطع الخط ن ح مع خطوط زوايا الطول وهي م س ، م ص ، م ع ، ... في نقط تمثل أبعادها عن نقطة ح ( أ ، ب ، ح ، ... ) أبعاد خطوط العرض المختلفة عن نقطة ك .
- ١٠ — نكرر الخطوة السابقة (٩) مع باقي خطوط الطول ثم نصل النقط المتناظرة على خطوط الطول فتنتج منحنيات العرض .

## ٢ — المسقط الاستريوجرافي ( الجسم )

في هذا المسقط الانجاسى المنظور يكون مركز الإسقاط عند نهاية القطر الذى يمر بمركز الخريطة . وجميع الدوائر المرصومة على سطح الأرض تسقط الى دوائر على سطح الخريطة فيما عدا تلك الدوائر التى تمر بمركز الإسقاط والى تسقط الى خطوط مستقيمة .

ففى الحالة القطبية تكون جميع خطوط الطول مستقيمة أما دوائر العرض فتسقط الى دوائر .

وفى الحالة الاستوائية تكون جميع خطوط الطول والعرض دوائر ، ما عدا الطول الأوسط والاستواء فهما مستقيمان .

وفى الحالة المنحرفة تكون جميع خطوط الطول والعرض دوائر ، ما عدا الطول الأوسط وخط العرض المار بمركز الإسقاط فهما مستقيمان .

### خاصية التشابه

ولو أن المسقط الاستريوجرافى ينتج بطريقة الإسقاط المنظور إلا أنه يحقق خاصية التشابه . فالزاوية على المسقط بين أى خطين تساوى الزاوية الأصلية على سطح الأرض بين الخطين المناظرين . وعلى ذلك تتمتع خطوط الطول والعرض على المسقط مثلاً كانت متعامدة على سطح الأرض ، وكذلك تكون الزوايا على المسقط بين خطوط الطول وبعضها مساوية للزوايا الأصلية المناظرة على سطح الأرض .

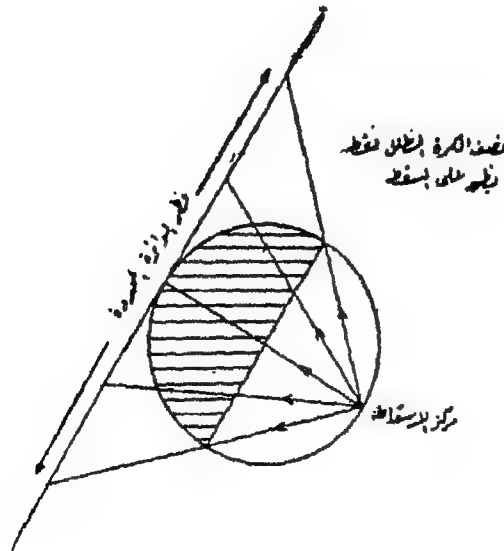
يستخدم المسقط الاستريوجرافى فى الخرائط الفلكية وذلك لسهولة حل

المسائل بيانياً . والمعروف أن المسار الظاهري اليومي لأي جرم سماوي هو دائرة وعلى ذلك يكون مسقط هذا المسار على الخريطة دائرة . ومن هنا نبين بسهولة الحل البياني على هذا المسقط .

يستخدم أيضا هذا المسقط في خرائط الملاحة والمساحة للنطاق التي يظهر فيها القطب .

الدائرة المحددة للمسقط

في المسقط الاستريوجرافي واضح أن المقياس على الخريطة يكون مساوياً للمقياس على سطح الأرض وذلك عند نقطة التماس ( مركز الخريطة ) ، ويأخذ المقياس على المسقط في التكبير كلما ابتعدنا عن مركز الخريطة . لذلك اتفق على رسم نصف الكرة الأرضية ( التي يقع مركز الخريطة عند منتصفها ) دون النصف الآخر . ولما كان أي نصف للكرة الأرضية تحده دائرة ، والدائرة على



شكل ٥٥

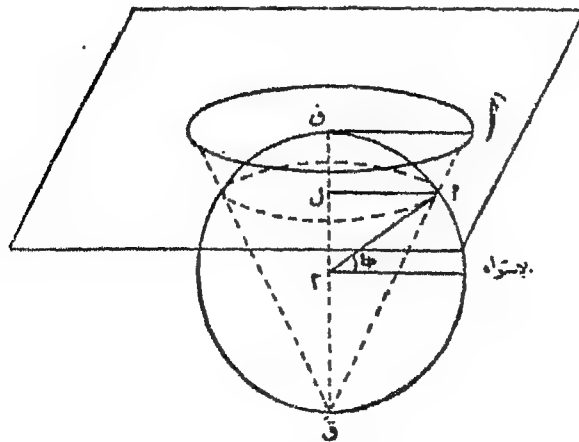
الأرض تـسـقـط الى دائره على الخريطة ، لذلك يرسم المسقط الاستريوجرافى عادة داخل إطار دائرى يسمى الدائرة المحددة للمسقط .  
ويمكن بسهولة بيان أن قطر الدائرة المحددة للمسقط يساوى ضعف قطر الأرض .

وبالتبع يمكن رسم أجزاء من نصف العالم بالمسقط الاستريوجرافى داخل أى إطار .

### أولاً : المسقط الاستريوجرافى القطبى

سطح الخريطة يمس سطح الأرض عند نقطة القطب والإسقاط يتم من القطب الآخر بالطريقة المنظورة .

تسقط خطوط الطول الى خطوط مستقيمة وتكون الزوايا بينها مساوية للزوايا الأصلية بين خطوط الطول عند القطب الأرضى . واضح أيضاً أن دوائر العرض تسقط الى دوائر مركزها هو نقطة القطب . ولكن تكون أنصاف أقطار دوائر العرض على المسقط أكبر من نظيراتها على سطح الأرض .



شكل ٥٦

### الخصائص الهندسية للبيكال الجغرافي

١ — خطوط الطول خطوط مستقيمة متلاقية عند القطب ، ودوائر العرض دوائر متحدة المركز عند القطب

٢ — لإيجاد قيمة نصف قطر دائرة العرض  $\phi$  :

في شكل ٥٦ ، م مركز الأرض ، ن نقطة القطب ، ل مركز دائرة العرض  $\phi$  المرسومة على سطح الأرض ،  $ا'$  مسقط النقطة ا الواقعة على دائرة العرض  $\phi$  ، مركز الاسقاط يقع عند القطب الآخر ن

$$> ل م ا = ٩٠^\circ \phi$$

$$> ل م ا = > م ا ن + > ن ا ل = > م ا ن + > ن ا ل$$

$$\therefore > م ا ن = \frac{1}{2} (٩٠ - \phi)$$

في المثلث ن ا ل القائم الزاوية عند ن

$$ن ا ل = ن ل ظا > ن ا ل$$

$$\text{نصف القطر المطلوب} = ٢ \text{ تق ظا} \frac{\phi - ٩٠}{٢}$$

٣ — واضح أن المقياس يأخذ في الأكبر كلما ابتعدنا عن نقطة القطب ويكون المقياس أكبر ما يمكن عند الدائرة المحددة للمسقط وهي دائرة الاستواء وتكون قيمة المقياس ٢ .

طريقة الإنشاء

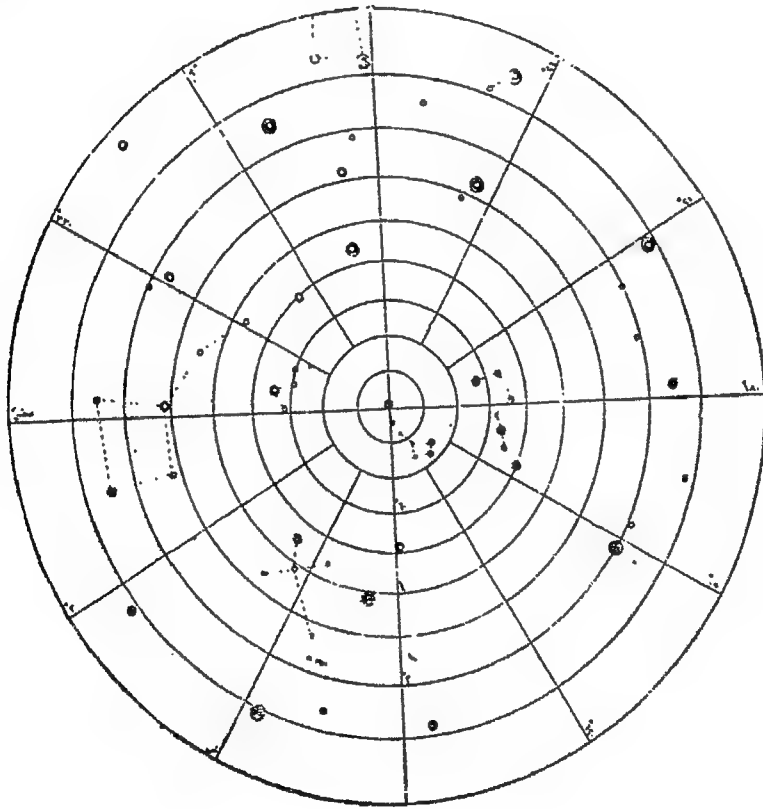
١ — ترسم مجموعة من الخطوط المتقابلة في نقطة تصنع فيها بينهم زوايا

مساوية ( ٣٠° في شكل ٥٧ ) وهذه تمثل خطوط الطول .

٢ - من نقطة تقابل خطوط الطول ( التي تمثل القطب ) - مركز - رسم

دوائر العرض بنصف أقطار = ٢ نق ظا  $\left( \frac{\phi - ٩٠}{٢} \right)$  ( ٢ نق ظاه ٤

٢ نق ظا ٤٠ ، ٢ نق ظا ٣٥ ، ... في شكل ٥٧ ) . هذه الدوائر تمثل دوائر العرض

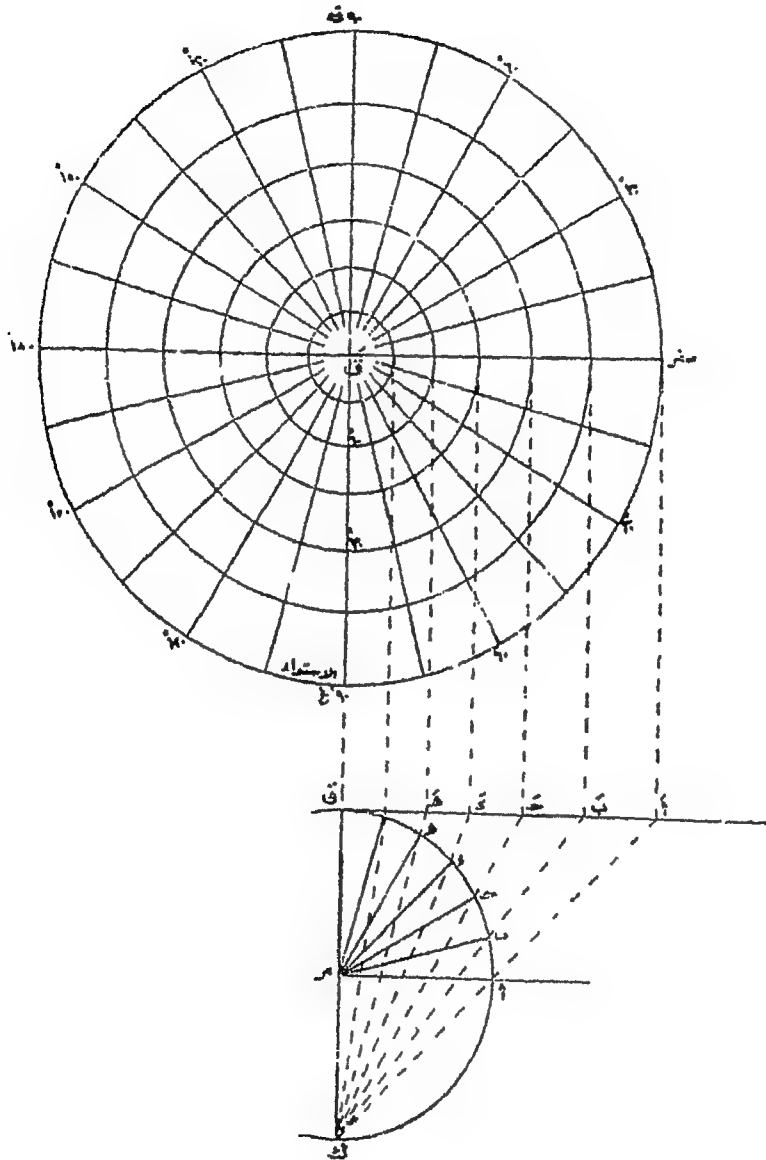


شكل ٥٧

مسقط استريوجرافي قطبي للنجوم الشمالية اللامعة

الدوائر تمثل خطوط الميل وهي تماثل خطوط العرض على الأرض والخطوط  
المستقيمة تمثل خطوط الزوال السماوية وهي تماثل خطوط الطول على الأرض

# الطريقة البيانية لرسم المسقط الاستريوجرافي القطبي



شكل ٥٨

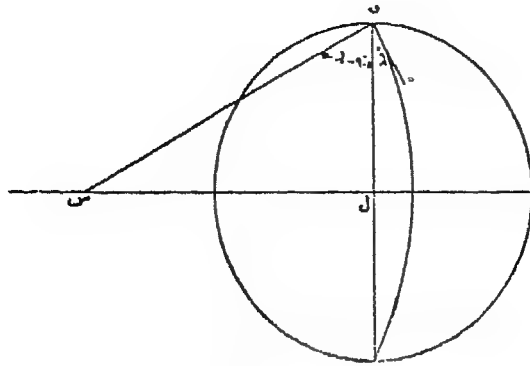
١ - من المركز م نرسم نصف دائرة تمثل خط طول دلي الأرض بمسما  
القياس المطلوب

- ٢ — يرسم قطر رأسى يمر بالنقطين ه ، ك ، ويرسم مماساً للدائرة عند ه
- ٣ — نمد ه على استقامته الى نقطة مثل و تمثل القطب على المسقط .
- ٤ — عند ه نرسم مجموعة خطوط الطول تصنع فيما بينها الزوايا المطلوبة .
- ٥ — نحدد النقط ا ، ب ، ج ، د ، ه ، ... على قوس خط الطول تمثل تقاطعات خطوط العرض المختلفة
- ٦ — نمد الخطوط المستقيمة ك ا ، ك ب ، ك ج ، ك د ، ... الى أن تقابل المماس عند ه في النقط ا' ، ب' ، ج' ، د' ، ... على التوالي .
- ٧ — من المركز ه نرسم دوائر العرض بأصناف أقطار ا' ب' ، ب' ج' ، ... ينتج المسقط المطلوب

### ثانياً : المسقط الاستريوجرافى الاستوائى

لانشاء هذا المسقط يتم الاستفادة من الخصائص الهندسية له وهى :

- ١ — خطوط الطول والعرض أقواس دوائر فيما عدا خط الطول الأوسط وخط الاستواء فمما مستقيمان
  - ٢ — على المسقط تمامد خطوط الطول والعرض كما كانت أصلاً متعامدة على سطح الأرض .
- وعلى ذلك تتلخص طريقة انشاء المسقط فى إيجاد مواقع مراكز أقواس دوائر الطول والعرض وكذلك فى إيجاد قيم انصاف أقطارها .
- لإيجاد مواقع مراكز أقواس دوائر الطول وانصاف أقطارها



شكل ٥٩

- ١ - تقع جميع المراكز على خط الاستواء وامتداده
- ٢ - إذا كانت  $\lambda^\circ$  هي قيمة الزاوية على سطح الأرض بين خط الطول المطلوب رسمه وخط الطول الأوسط فإن الزاوية بين مسقطيهما تكون أيضا  $\lambda^\circ$ . وعلى ذلك يقع المركز المطلوب عند نقطة س على الاستواء حيث :

$$\angle س ن ل = 90^\circ - \lambda$$

من المثلث س ن ل  $ل س = ل ن$  قتا  $\lambda$

ل ن يمثل نصف قطر الدائرة المحددة أى قطر الأرض ن ق

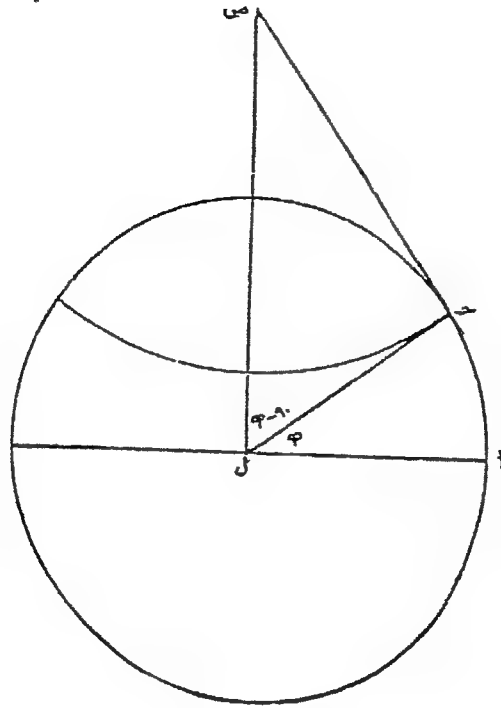
∴ بعد المركز عن مركز الخريطة  $= ن ق$  قتا  $\lambda$

$$٣ - \text{من المثلث س ن ل} \quad س ن = ل ن \quad \text{لتا} \quad \lambda$$

نصف القطر المطلوب  $= ن ق$  قتا  $\lambda$

لايجاد مواقع مراكز أقواس دوائر العرض وأنصاف أقطارها

- ١ - تقع جميع مراكز العرض على امتداد خط الطول الأوسط
  - ٢ - إذا كانت  $\phi$  هي قيمة زاوية دائرة العرض المطلوب رسمها فإن
- $$\phi = 90^\circ - \lambda$$



شكل ٦٠

وعلى ذلك يقع المركز المطلوب عند نقطة ص على امتداد خط الطول الأوسط  
وبحيث تكون  $\gamma > \delta$  فأنه كما كانت أصلاً على سطح الأرض .

في المثلث ص ح ل

$$ل ص = ل ح \text{ قتا } \phi$$

بعد المركز المطلوب عن مركز الخريطة  $= \gamma$  نق قتا  $\phi$

$$٢ \text{ -- في المثلث ص ح ل } \quad \text{ح ص} = ل ح \text{ ظنا } \phi$$

نصف القطر المطلوب  $= \gamma$  نق ظنا  $\phi$

### طريقة الانشاء

١ — ترسم الدائرة المحددة للمسقط بنصف قطر يساوى قطر الأرض نجعا للمقياس المطلوب

٢ — يرسم قطر رأسى يمثل خط الطول الأوسط وقطر أفقى يمثل الاستواء  
٣ — تحدد مواقع مراكز أقواس دوائر خطوط الطول على خط الاستواء وامتداده بحيث تبعد عن مركز الدائرة المحددة بمسافات تساوى ٢ نق ظنا  $\lambda$

٤ — من كل مركز يرسم قوس دائرة بنصف قطر يساوى ٢ نق قتا  $\lambda$

٥ — توضع مراكز أقواس دوائر العرض على امتداد خط الطول الأوسط بحيث تبعد عن مركز الدائرة المحددة بمسافات تساوى ٢ نق قتا  $\phi$

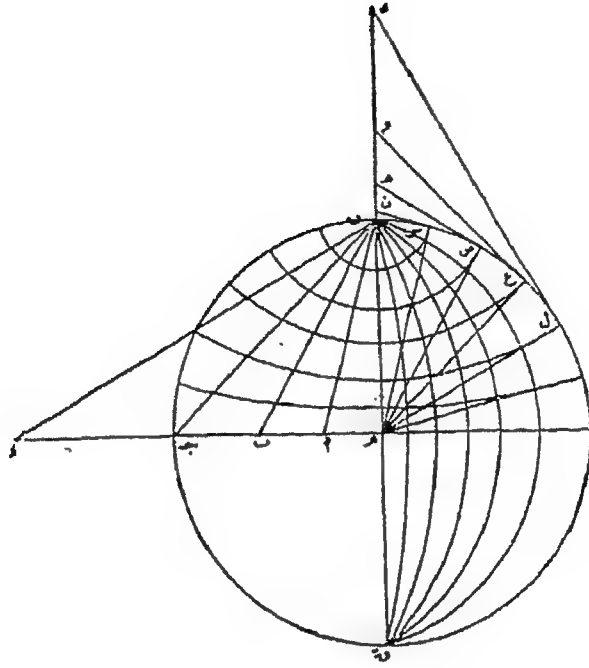
٦ — من كل مركز يرسم قوس دائرة بنصف قطر يساوى ٢ نق ظنا  $\phi$

### الطريقة البيانية لرسم المسقط الاستروجرافى الاستوائى

١ — من المركز م ترسم الدائرة المحددة للمسقط بنصف قطر يساوى قطر الأرض.

٢ — يرسم قطر أفقى يمثل الاستواء وقطر رأسى يمثل خط الطول الأوسط الذى يقابل الدائرة المحددة فى نقطتي القطبين ن ، ن' .

٣ — عند رسم الزوايا م ن م' ن' ، م ن هـ ، ... بحيث تقع  
ن ، ن' ، هـ ، ... على الاستواء وامتداده بحيث تكون تلك الزوايا مساوية لمتجهات زوايا الطول المطلوبة .



شكل ٦١

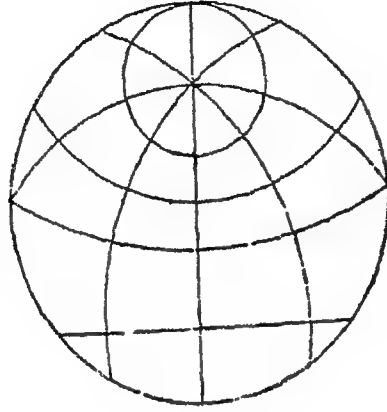
٤ - ترسم أقواس دوائر الطول من المركز ا ، ب ، ج ، د ، ...  
بأنصاف أقطار ا ب ، ب ج ، ج د ، ... .

٥ - يقسم محيط الدائرة المحددة للسمك إلى أقسام متساوية في النقط  
س ، ص ، ع ، ... ونصل م س ، م ص ، م ع ، ... .

٦ - ترسم مماسات للدائرة المحددة عند س ، ص ، ع ، ... تقابل امتداد  
خط الطول الأوسط في النقط ن ، هـ ، و ، ... .

٧ - ترسم أقواس دوائر العرض من المراكز ن ، هـ ، و ، ... بأنصاف  
أقطار ن س ، هـ ص ، و ع ، ... .

ثالثا: المسقط الاستريوجرافي المنحرف



شكل ٦٢

الهيكل الجغرافي لمسقط استريوجرافي منحرف  
مركزه عند العرض ٣٠° شمال

لإنشاء المسقط الاستريوجرافي المنحرف يتم الاستفادة من الخصائص الهندسية للمسقط والتي سبق ذكرها في الحالات القطبية والاستوائية .

في هذه الحالة يظهر خط الطول الأوسط خطا مستقيما ، كما يظهر خط العرض الذي يمر بمركز الإسقاط خطا مستقيما عموديا على خط الطول الأوسط .

تقع مراكز أقواس دوائر العرض على خط الطول الأوسط وامتداده —  
وتقع مراكز أقواس دوائر الطول على المستقيم الذي يمثل خط عرض مركز الإسقاط .

وعلى ذلك تتلخص طريقة إنشاء المسقط في إيجاد مواقع مراكز أقواس دوائر العرض والطول وكذلك في إيجاد قيم انحناء أقطارها .

## حساب الأبعاد على المسقط

$$\frac{ل' ل}{ل ط} = ظا > ل ط ل' ل$$

$$ل ل' ل = ل ط ظا > ل ط ل' ل = ٢ نق ظا \frac{1}{٢} ( \alpha - ٩٠ ) =$$

٢ نق ظا ( ٤٥ -  $\frac{\alpha}{٢}$  ) أى أن نقطة القطب ل' على الخريطة تقع على خط الطول

الأوسط وعلى بعد من مركز الخريطة ل بمسافة ٢ نق ظا  $\frac{1}{٢} ( \alpha - ٩٠ )$  .

٢ - خط عرض مركز الإسقاط ط يسقط على الخريطة عمودياً على خط الطول الأوسط ويقطعه عند نقطة أ'

$$\alpha = ل ط ل' >$$

$$\frac{ل' ل}{ل ط} = ظا > ل ط ل' ل$$

$$ل ل' ل = ل ط ظا > ل ط ل' ل = ٢ نق ظا \alpha$$

أى أن خط عرض مركز الإسقاط يبعد عن مركز الخريطة بمسافة ٢ نق ظا  $\alpha$  .

٤ - على المسقط يبعد القطب عن خط عرض مركز الإسقاط بمسافة ل' ل

$$ل' ل = ل' ل + ل ل' ل = ٢ نق ظا \alpha + ٢ نق ظا ( \frac{\alpha}{٢} - ٤٥ )$$

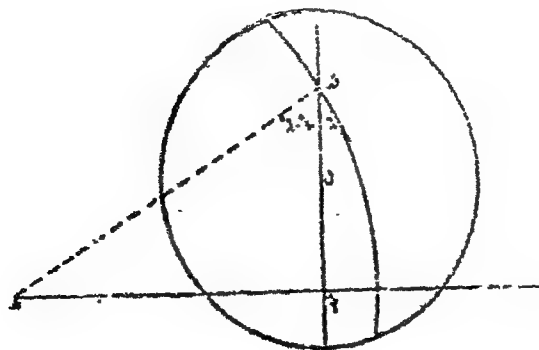
$$= ٢ \text{ نق} \left( \frac{\frac{\alpha}{2} \text{ ظا} - 1}{\frac{\alpha}{2} \text{ ظا} + 1} + \frac{\frac{\alpha}{2} \text{ ظا} ٢}{\frac{\alpha}{2} \text{ ظا} ٢ - 1} \right)$$

$$= ٢ \text{ نق} \left( \frac{\frac{\alpha}{2} \text{ ظا} ٢ + \frac{\alpha}{2} \text{ ظا} ٢ - 1 + \frac{\alpha}{2} \text{ ظا} ٢}{\frac{\alpha}{2} \text{ ظا} ٢ - 1} \right)$$

$$= ٢ \text{ نق} \frac{\frac{\alpha}{2} \text{ جتا} ٢ + \frac{\alpha}{2} \text{ جتا} ٢}{\frac{\alpha}{2} \text{ جتا} - \frac{\alpha}{2} \text{ جتا} ٢} = \frac{\frac{\alpha}{2} \text{ ظا} ٢ + 1}{\frac{\alpha}{2} \text{ ظا} ٢ - 1}$$

$$١' \text{ نق} = ٢ \text{ نق} \times \frac{1}{\alpha \text{ جتا}} = ٢ \text{ نق قا} \alpha$$

لإيجاد مواقع مراكز أقواس دوائر الطول وانصاف أقطارها



شكل ٦٤

١ - إذا كانت  $\lambda$  هي قيمة الزاوية على سطح الأرض بين خط الطول المطلوب رسمه وخط الطول الأوسط ، فإن الزاوية بين مسقطيها تكون أيضا  $\lambda$

وعلى ذلك يقع المركز المطلوب عند النقطة هـ حيث

$$\angle \text{هـ} \text{ا} \text{و} = 90^\circ - \lambda$$

$$\frac{\text{ا} \text{هـ}}{\text{ا} \text{و}} = \text{ظل} \lambda$$

$$\text{ا} \text{هـ} = \text{ا} \text{و} \cdot \text{ظل} \lambda = \text{نق ق} \alpha \cdot \text{ظل} \lambda$$

أى أن المركز يبعد عن خط الطول الأوسط بمسافة  $\text{نق ق} \alpha \cdot \text{ظل} \lambda$

$$\text{و} \text{هـ} = \frac{\text{ا} \text{و}}{\text{ظل} \lambda} - 2.$$

$$\text{و} \text{هـ} = \text{ا} \text{و} \cdot \text{ظل} \lambda = \text{نق ق} \alpha \cdot \text{ظل} \lambda$$

أى أن نصف القطر المطلوب يساوى  $\text{نق ق} \alpha \cdot \text{ظل} \lambda$

لإيجاد مواقع مراكز أقواس دوائر العرض وأنصاف أقطارها

١ - إذا كانت حـ ، و نقطتي تقاطع دائرة العرض  $\phi$  مع خط الطول الأوسط على سطح الأرض فإن حـ ، و هما نقطتا تلاقي امتدادى ط حـ ، ط و مع الخريطة ، ثـلان أقرب وأبعد نقطتين من مركز الخريطة ل وذلك بالنسبة لمحيط هذه الدائرة على المستط .



$$\frac{ل ح'}{ل ط} = ظا > ل ط ح'$$

$$ل ح' = ل ط \times ظا > ل ط ح'$$

$$= ٢ نق ظا \frac{1}{٢} (\alpha - \phi)$$

$$\frac{ل و'}{ل ط} = ظا > ل ط و'$$

$$ل و' = ل ط ظا > ل ط و' = ٢ نق ظا \frac{1}{٢} (\alpha + \phi)$$

$$؛ - ل س = \frac{ل و' + ل ح'}{٢}$$

$$= نق [ ظا \frac{1}{٢} (\alpha - \phi) + ظنا \frac{1}{٢} (\alpha + \phi) ]$$

$$= نق \left[ \frac{جا \frac{1}{٢} (\alpha - \phi)}{جا \frac{1}{٢} (\alpha - \phi)} + \frac{جنا \frac{1}{٢} (\alpha + \phi)}{جا \frac{1}{٢} (\alpha + \phi)} \right]$$

$$= نق \left[ \frac{جا \frac{1}{٢} (\alpha - \phi) + جنا \frac{1}{٢} (\alpha + \phi)}{جا \frac{1}{٢} (\alpha - \phi) + جنا \frac{1}{٢} (\alpha + \phi)} \right]$$

$$= \frac{٢ نق جتا \alpha}{جا \phi + جا \alpha}$$

أى أن مركز قوس دائرة العرض  $\phi$  يقع على خط الطول الأوسط ويعد

$$\text{من مركز الخريطة ل بمسافة } \lambda \text{ نقى } \frac{\text{جنا } \alpha}{\text{جا } \alpha + \text{جا } \phi}$$

$$\frac{\lambda \cos \alpha - \lambda \cos \phi}{2} = \text{م ح'}$$

$$= \text{نقى} [ \text{طتا } \frac{1}{2} (\alpha + \phi) - \text{ظلا } \frac{1}{2} (\alpha - \phi) ]$$

$$= \text{نقى} \left[ \frac{(\alpha - \phi) \frac{1}{2} \text{جا}}{(\alpha - \phi) \frac{1}{2} \text{جنا}} - \frac{(\alpha + \phi) \frac{1}{2} \text{جنا}}{(\alpha + \phi) \frac{1}{2} \text{جا}} \right]$$

$$= \text{نقى} \left[ \frac{(\alpha - \phi) \frac{1}{2} \text{جا} (\alpha + \phi) \frac{1}{2} \text{جا} - (\alpha - \phi) \frac{1}{2} \text{جنا} (\alpha + \phi) \frac{1}{2} \text{جنا}}{(\alpha - \phi) \frac{1}{2} \text{جنا} (\alpha + \phi) \frac{1}{2} \text{جا}} \right]$$

$$= \text{نقى } \frac{\text{جنا } \psi}{\text{جا } \alpha + \text{جا } \phi}$$

$$\text{أى أن نصف قطر قوس دائرة العرض } \phi \text{ يساى } \frac{\text{جنا } \phi}{\text{جا } \alpha + \text{جا } \phi} \text{ نقى } \lambda$$

مثال

مسقط استريوجرافى منحرف مركزه عند العرض  $20^\circ$  شمال ؛ المقياس

١ : ٥٠ مليون مع بيان خطوط الطول والعرض كل  $10^\circ$ .

١ - نق = ١٢٠٧٤ سم

٢ - نصف قطر الدائرة المحددة بالنقط ٢ نق = ٢٥٠١٨ سم

٣ - بعد نقطة القطب ن عن مركز الخريطة ل = ٢ نق ظا (٤٥ - ٣٠)

= ١٤٠٧١١ سم

٤ - بعد خط العرض ٣٠ جنوب عن مركز الخريطة = ٢ نق ظا ٣٠

= ١٤٠٧١١ سم

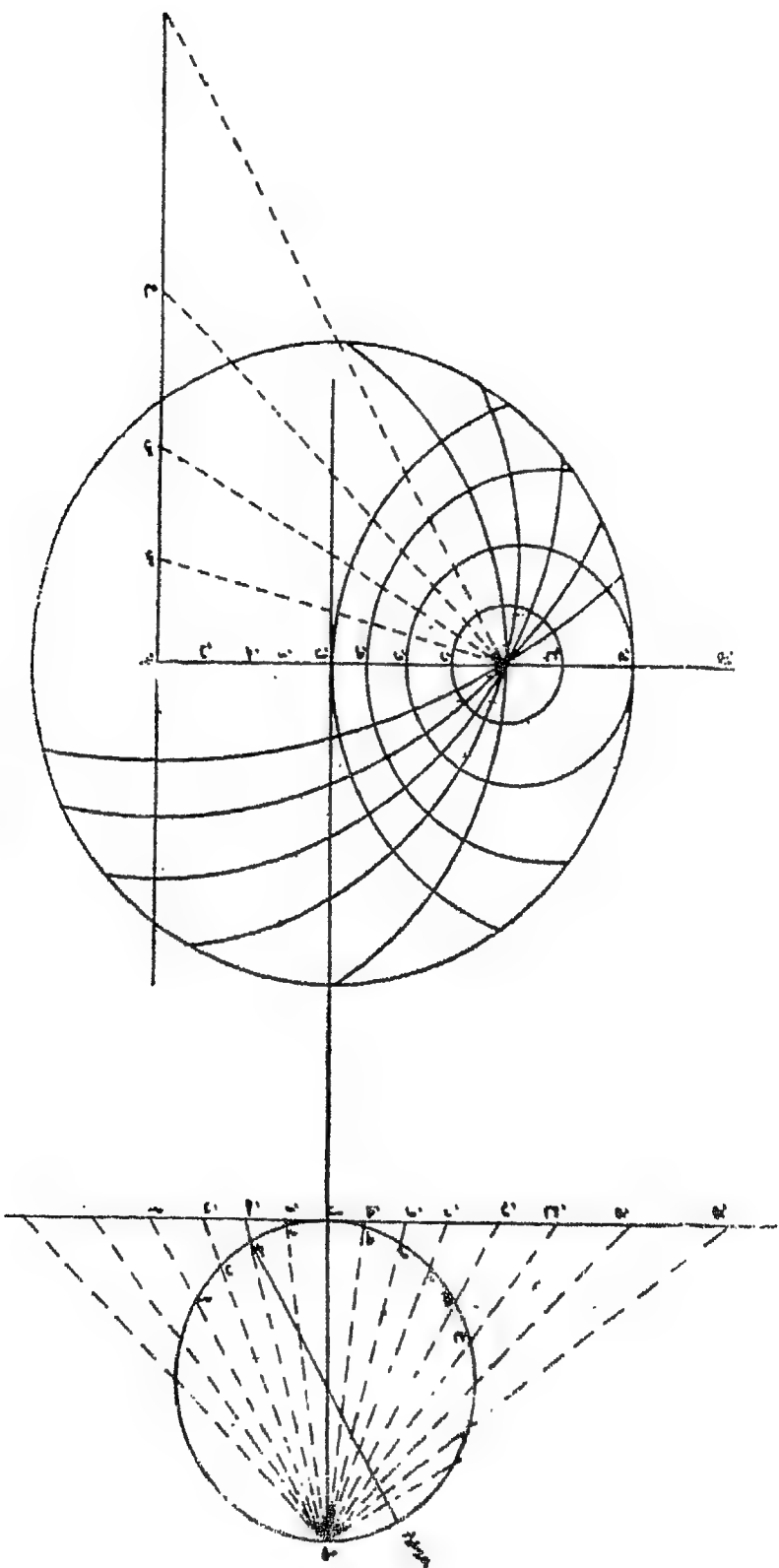
٥ - أفواس دوائر الطول

بعد مركز الدائرة عن خط الطول الأوسط ٢ نق قا ٣٠ ظا ٤٥	قيمة نصف القطر ٢ نق قا ٣٠ ظا ٤٥	λ
١٠٩٠٨٠٤ سم	١١٣٠٦٧٧ سم	١٥°
٥٠٠٩٦٠	٥٨٠٨٤٤	٣٠°
٢٩٠٤٢١	٤١٠٦٠٩	٤٥°
١٦٠٩٨٧	٢٣٠٩٧٣	٦٠°
٧٠٨٨٣	٢٠٠٤٦٠	٧٥°
صفر	٢٩٠٤٢٢	٩٠°

٦ - أقواس دوائر العرض

قيمة نصف القطر	بعد مركز الدائرة عن مركز الخريطة ل	φ
$\frac{2 \text{ نق حـ} \phi}{\phi \text{ حـ} + 30 \text{ حـ}}$	$\frac{2 \text{ نق جـ} 30}{\phi \text{ حـ} + 30 \text{ حـ}}$	
سم ٤٠٥٠٠	سم ١٥٠٠٠٣	٧٥° ش
٩٠٣٢٦	١٦٠١٥٤	٦٠° ش
١٤٠٩٢٦	١٨٠٢٨٠	٤٥° ش
٢٢٠٠٦٦	٢٢٠٠٦٦	٣٠° ش
٣٢٠٤٣٤	٢٩٠٠٨٠	١٥° ش
٥٠٠٩٦٠	٤٤٠١٣٣	الاستواء
١٠٢٠٥٤٧	٩١٠٤٩٣	١٥° حـ
١٤٠٧١١ سم (خطورة ٣)	خط مستقيم بعد عن مركز الخريطة بمسافة	٣٠° حـ
٨٦٠٩٩٤	١٠٦٠٥٤٦	٤٥° حـ

الطريقة الإيانية لرسم المسقط الاسترولوجرافي المنعطف



شكل ٦٦

## طريقة الرسم

- ١ - ترسم دائرة تمثل خط الطول الأوسط على سطح الأرض .
- ٢ - يرسم ط ل قطر أفقيا في الدائرة . ط تمثل مركز الاسقاط ، ل تمثل مركز الخريطة . وعند ل يرسم مماس للدائرة يمثل خط الطول الأوسط في المسقط .
- ٣ - يرسم قطر آخر في الدائرة يصنع مع القطر ط ل زاوية تساوى زاوية عرض مركز الخريطة . هذا القطر يمثل الاستواء .  
ويعين القطبين على محيط الدائرة .
- ٤ - نحدد النقط ١ ، ب ، ح ، د ، هـ ، ... على محيط الدائرة ، تمثل تقاطعات خطوط العرض المختلفة مع خط الطول الأوسط .
- ٥ - نمد المستقيمات ط ١ ، ط ب ، ط ح ، ... ، ط د ، ... على استقامتها حتى تقابل المماس عند ل في النقط ١ ، ب ، ح ، د ، ... ، على التوالي .
- ٦ - نمد ط ل على استقامته الى ل' . ومن المركز ل' نرسم الدائرة المحددة للمسقط بنصف قطر يساوى قطر الدائرة الأرضية ط ل .
- ٧ - نرمس قطرا رأسيا في الدائرة المحددة للمسقط يمثل خط الطول الأوسط .
- ٨ - على خط الطول الأوسط في المسقط نحدد مواقع النقط ١' ، ب' ، ح' ، د' ، هـ' ، ... السابق الحصول عليها في الخطوة ( ٥ ) .
- ٩ - عند ١' نرمم مستقيما عموديا على خط الطول الأوسط يمثل دائرة عرض مركز الاسقاط ط ويكون هـ - و أيضا المحل الهندسي لمراكز أقطاب

١٠ — على المحل الهندسى السابق، نحدد مراكز الأقواس المطلوبة عند  
 س، ص، ع... بحيث تكون الزوايا  $\angle ق س، \angle ق ص، \angle ق ع، ...$   
 مساوية لمتجهات زوايا الطول المطلوبة. ومن س، ص، ع، ... ترسم الأقواس  
 المطلوبة بأنصاف أقطار س ق، ص ق، ع ق، ...

١١ — ترسم دوائر المرص بحيث تكون أزواج النقط المتناظرة على  
 خط الطول الاوسط أقطارا فيها. مثل ج ر، د و، هـ هـ، ...

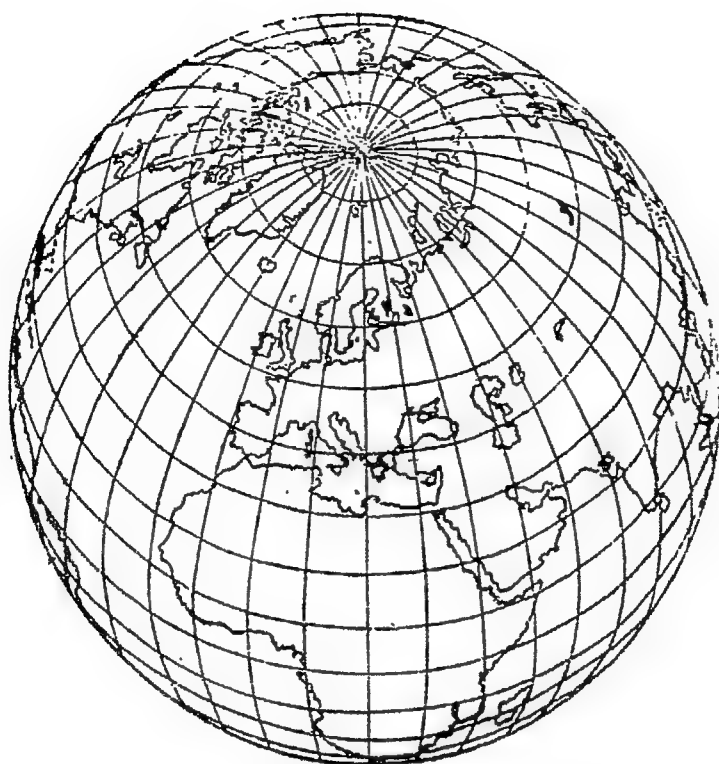
المسقط الاستريوجرافى المنحرف بمقياس كبير

في نهاية هذا الباب يوجد مثال محسوب لمسقط استريوجرافى منحرف  
 باستخدام المسافات والاتجاهات على سطح الأرض بين مركز الخريطة وباقي  
 النقط المعطوب بيانها على الهيكل الجغرافى .

٢ — المسقط الاورثوجرافى

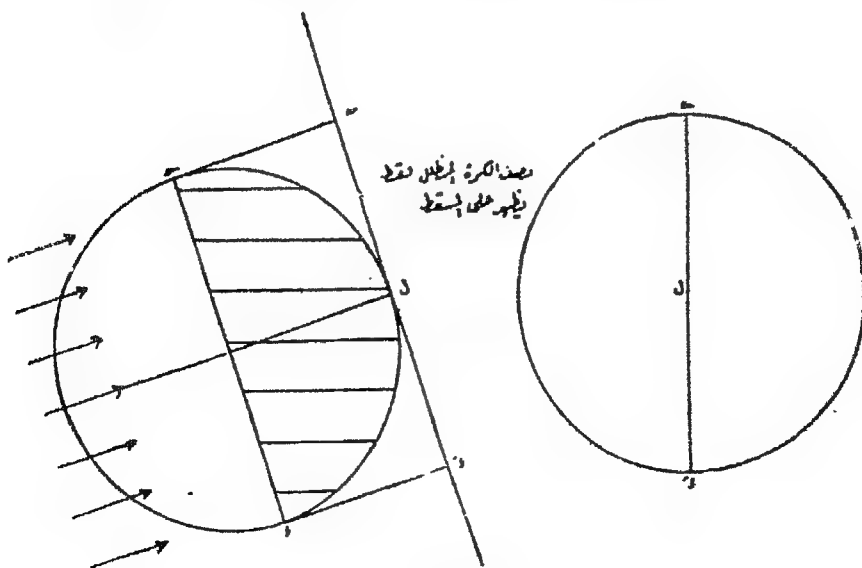
في هذا المسقط الاتجاهى المنظور تكون أشعة الإسقاط متوازية وعمودية  
 على سطح الخريطة .

وبصفة عامة ، أى دائرة مرسومة على سطح الأرض تسقط الى قطع ناقص  
 سطح الخريطة إلا اذا كان مسترى تلك الدائرة عموديا على أشعة الإسقاط  
 وعندئذ تسقط تلك الدائرة الى دائرة مساوية لها تماماً . كما رأينا إذا كان مستوى  
 تلك الدائرة يوازي أشعة الإسقاط فعندئذ تسقط الدائرة الى خط مستقيم  
 طوله يساوى قطر الدائرة .



شکل ۶۷

مستطیل اوردو جرائی مرکزہ (عرض ۴۰° شمال، طول ۲۰° شرقی)



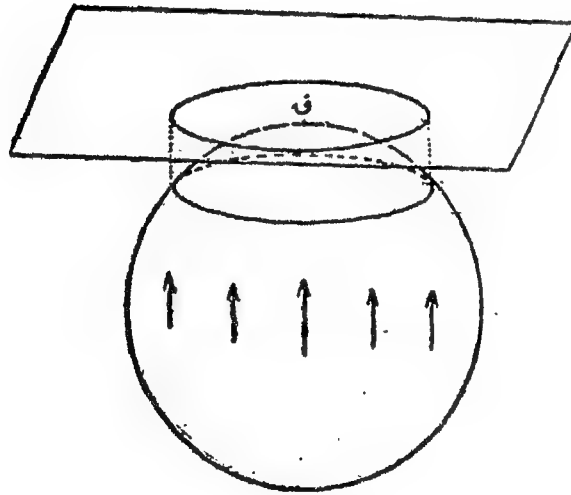
شکل ۶۸

### الدائرة المحددة للمسقط

على المسقط الاورثوجرافي لا يمكن بيان سوى نصف الكرة الارضية الذي يتوسطه مركز الخريطة ل ، وهذا النصف يحده على سطح الارض دائرة عظمى يكون مستواها عموديا على مسار أشعة الإسقاط . ولذلك تسقط هذه الدائرة العظمى الى دائرة مساوية تماما وتسمى الدائرة المحددة للمسقط .

#### أولا : المسقط الاورثوجرافي القطبي

سطح الخريطة يمس سطح الارض عند نقطة القطب . وأشعة الإسقاط تكون موازية لمحور دوران الارض .



شكل ٦٩

تسقط خطوط الطول الى خطوط مستقيمة وتكون الزوايا بينها مساوية للزوايا الأصلية بين خطوط الطول عند القطب الارضي .

واضح أن دوائر المرض تسقط الى دوائر مساوية تماماً للدوائر الأصلية على سطح الأرض ويكون مركزها عند نقطة القطب .

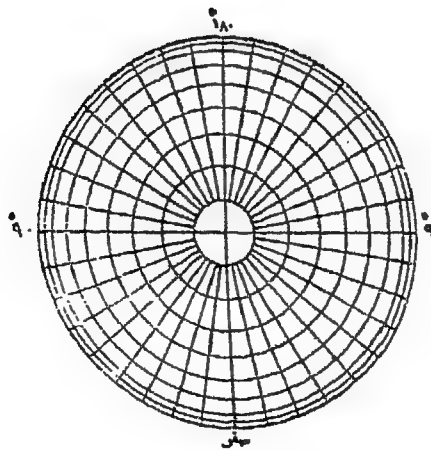
نصف قطر دائرة المرض  $\phi$  على الأرض =  $\phi$  نق حتا

طريقة الإنشاء

١ — ترسم مجموعة من الخطوط المتقابلة في نقطة تصنع فيها بينها زوايا متساوية (  $١٠^\circ$  في شكل ٧٠ ) . هذه تمثل خطوط الطول .

٢ — من نقطة تقابل خطوط الطول ( التي تمثل القطب ) كمركز — ترسم دوائر المرض بانصاف أقطار تساوي  $\phi$  نق حتا ( نق حتا  $٨٠^\circ$  ، نق حتا  $٧٠^\circ$  ، نق حتا  $٦٠^\circ$  ، ... في شكل ٧٠ )

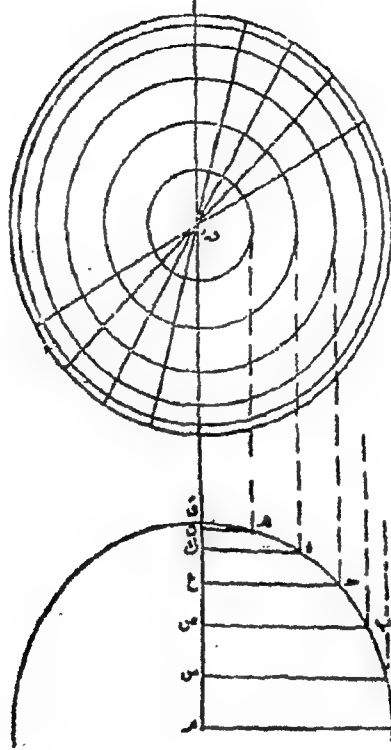
هذه الدوائر تمثل دوائر المرض



شك ٧٠

الميكال الجغرافي لسقط اورثوجرافي قطبي

الطريقة البيانية لرسم المسقط الارثو جرافي القطبي



شكل ٧١

طريقة الرسم

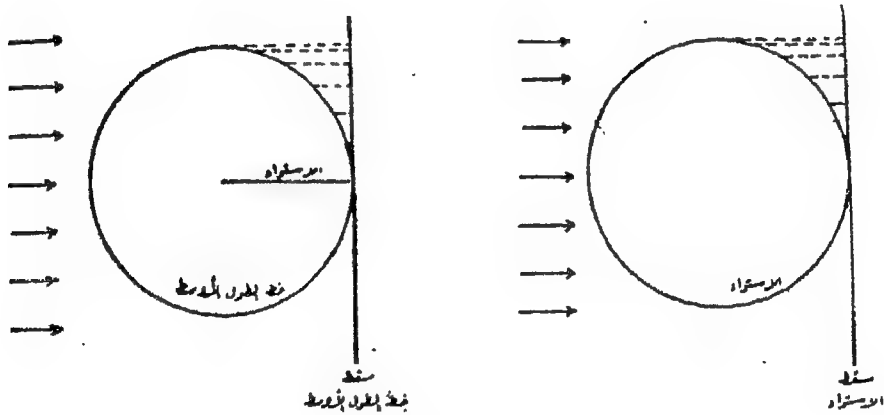
- ١ - من المركز م ترسم دائرة تمثل الأرض ( شكل ٧١ )
- ٢ - يرسم قطر أفقى يمثل الاستواء وقطر رأسى يمر بالقطب ق
- ٣ - يقسم محيط الدائرة الى أقسام متعادلة عند النقط ا ، ب ، ج ...
- ٤ - نسطق أعمدة من النقط ا ، ب ، ج ... على القطر الرأسى لنقابله  
فى س ، ص ، ع ...

٥ - من نقطة مثل ق على الخريطة ترسم مجموعة خطوط الطول تصنع فيها بينها زوايا متساوية

٦ - من المركز ق ترسم دوائر العرض بأقطار أقطار مساوي من أ ب ، ج ، د ، ...

ثانياً : المسقط الاورثوجرافي الاستوائى

سطح الخريطة يمس سطح الأرض عند خط الاستواء وأشعة الاسقاط تكون موازية لمستوى الاستواء



شكل ٧٢

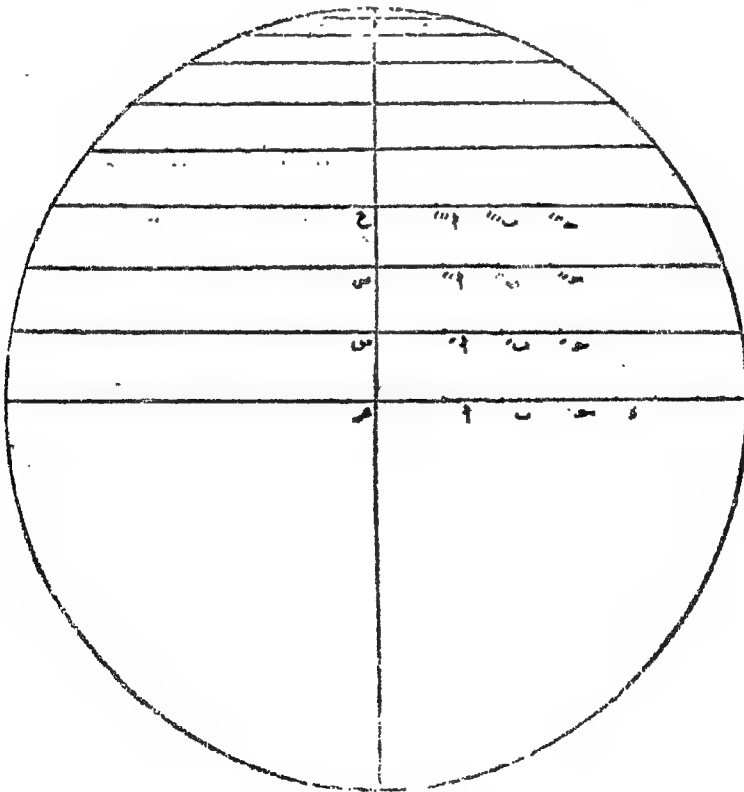
تظهر خطوط العرض على المسقط خطوطاً مستقيمة متوازية وتباعد عن الاستواء بنفس المداخل التي تباعد بها مستوياتها عن مستوى الاستواء على الأرض .

وبخلاف خط الطول الأوسط الذى يظهر على شكل خط مستقيم ، تظهر

بباني خطوط الطول على شكل قطاعات ناقصة محورها الأكبر هو خط  
الطول الأوسط .

ويمكن بالرجوع الى شكل ٧٢ ، التأكيد من أن المسافات على خط الطول  
الأوسط بين خطوط العرض المختلفة تساوي المسافات على خط الاستواء بين  
خطوط الطول المختلفة .

وأن المسافة على أي من الطول الأوسط أو الاستواء من مركز الخريطة  
تساوي اق جا ( زاوية العرض ) أو اق جبا ( زاوية الطول )  
طريقة الإنشاء



شكل ٧٣

١ - رسم الدائرة المحددة للنقط من المركز م ونصف قطر  $\phi$  اوى نصف قطر الأرض .

٢ - رسم قطرا رأسيًا يمر بالقطبين ويمثل خط الطول الأوسط كما رسم قطرا أفقيًا يمثل الاستواء .

٣ - نقسم محيط الدائرة إلى أقسام متساوية ومن نقط التقسيم نرسم موازيات للاستواء تمثل خطوط العرض .

( نلاحظ أن خط العرض يبلغ طوله ٢ تقريبا  $\phi$  أى قطر دائرة العرض الأصلية على سطح الأرض كما يبعد خط العرض عن الاستواء بمسافة تقريبا  $\phi$  ومى نفس المسافة التى كان يبعد بها مستوى دائرة العرض  $\phi$  عن مستوى الاستواء ) .

٤ - نقسم خط الاستواء بالنقط ١ ، ب ، ج ، د ، ... بنفس النسب التى بها قسمت خطوط العرض خط الطول الأوسط ( فى س ، ص ، ع ، ... )

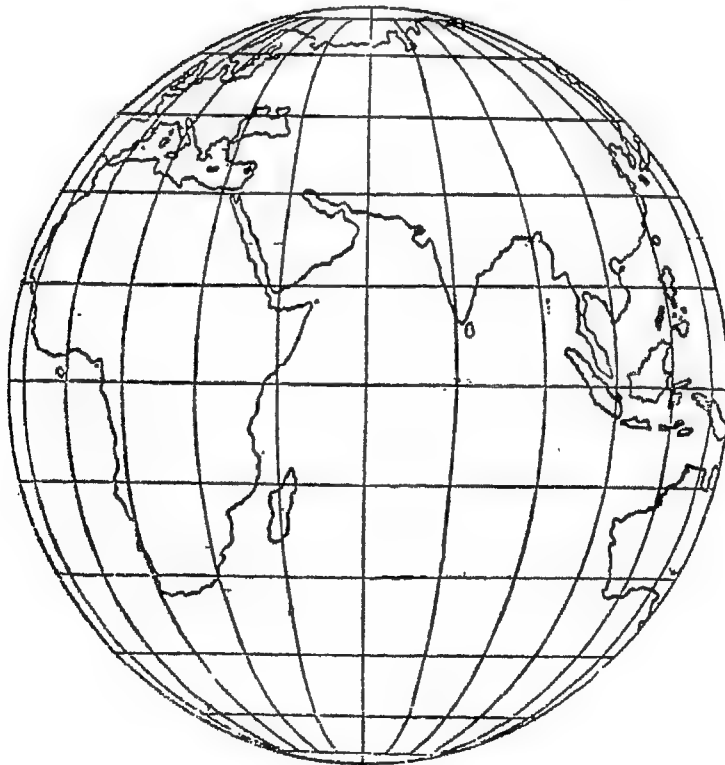
٥ - نرسم القطاعات الناقصة التى تمثل خطوط الطول بحيث يكون خط الطول الأوسط محورا أكبر فيها وبحيث تمر فى كل من النقط ١ ، ب ، ج ، د ، ... فننتج خطوط الطول .

ملحوظة مفيدة .

للمساعدة فى رسم القطاعات الناقصة التى تمثل خطوط الطول ، يمكن تحديد النقط ١ ، ب ، ج ، د ، ... وكذلك ١ ، ب ، ج ، د ، ... على كل خط من خطوط العرض بالطريقة الآتية :

$$١ - م ١ = ن ق ح ا ١٠^{\circ} ، م ٢ = ن ق ح ا ٢٠^{\circ} \\ م ٣ = ن ق ح ا ٣٠^{\circ} . . . . .$$

- ٢ - أطوال خطوط العرض من الطول الأوسط وحتى محيط الدائرة  
المحددة تسارى ن ق جتا  $١٠^{\circ}$  ، ن ق جتا  $٢٠^{\circ}$  ، ن ق جتا  $٣٠^{\circ}$  ، ...
- ٣ - يقسم كل خط عرض بنفس النصب التي تم بها تقسيم الاستواء .  
وبذلك يكون



شكل ٧٤

نصف الكرة الشرقى على مسقط أورثوجرافى استوائى

$$\begin{aligned} \text{س } 1' &= \text{نق جتا } 10^\circ \text{ جا } 10^\circ, \text{ س ب}' = \text{نق جتا } 10^\circ \text{ جا } 20^\circ, \\ \text{س ح}' &= \text{نق جتا } 10^\circ \text{ جا } 30^\circ, \dots \end{aligned}$$

ويكون

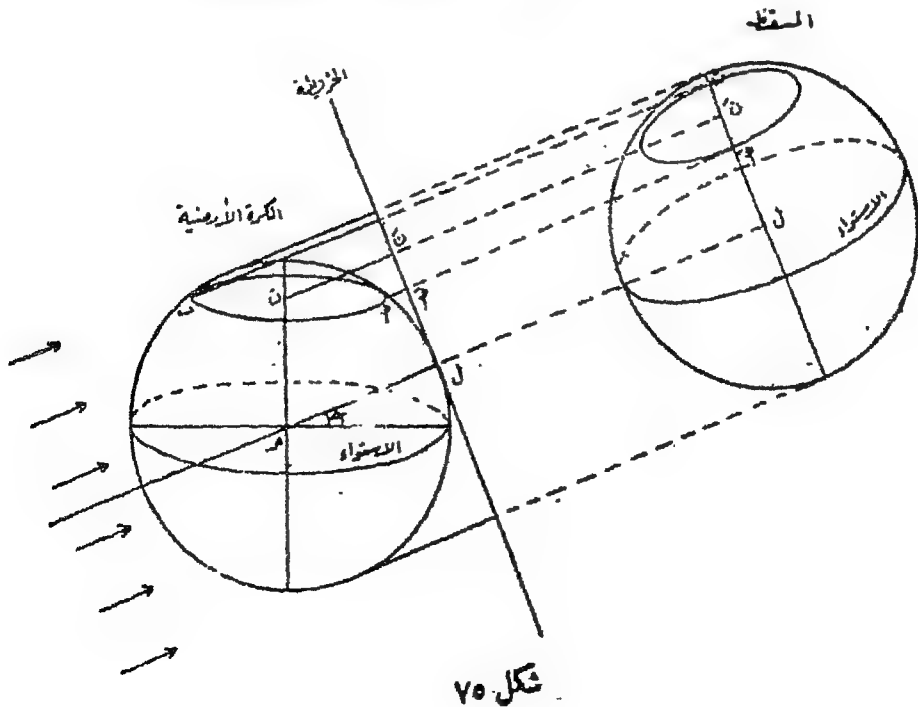
$$\begin{aligned} \text{س } 1'' &= \text{نق جتا } 20^\circ \text{ جا } 10^\circ, \text{ س ب}'' = \text{نق جتا } 10^\circ \text{ جا } 20^\circ, \\ \text{س ح}'' &= \text{نق جتا } 20^\circ \text{ جا } 30^\circ, \dots \end{aligned}$$

ويكون

$$\begin{aligned} \text{ع } 1''' &= \text{نق جتا } 30^\circ \text{ جا } 10^\circ, \text{ ع ب}''' = \text{نق جتا } 30^\circ \text{ جا } 20^\circ, \\ \text{ع ح}''' &= \text{نق جتا } 30^\circ \text{ جا } 30^\circ, \dots \end{aligned}$$

المسقط الأورثوجرافي المنحرف.

في هذه الحالة تسقط جميع خطوط الطول والعرض إلى قطاعات ناقصة ما عدا خط الطول الأوسط الذي يسقط إلى قطر في الدائرة المحددة.



الخصائص الهندسية للمسقط

١ — نفرض أن مركز الخريطة ل ( نقطة التماس مع سطح الأرض ) تقع عند العرض  $\alpha$  . في هذه الحالة تميل أشعة الإسقاط على الاستواء بزاوية  $\alpha$  .

٢ — نفرض أن ن مركز دائرة العرض  $\phi$  على الكرة الأرضية وأن ن' هو مسقطها على الخريطة .

$$م ن \text{ على الأرض } = ن ق حا \phi$$

$$ل ن' = م ن جتا \alpha = ن ق حا \phi حا \alpha$$

أى أن مركز المقطع الناقص الذى يمثل دائرة العرض  $\phi$  على المسقط يقع على خط الطول الأوسط وعلى بعد من مركز الخريطة يساوى ن ق حا  $\phi$  جتا  $\alpha$

٣ — ١' ن' هو نصف المحور الأصغر للمقطع الناقص لدائرة العرض  $\phi$  .

$$١' ن' = ١ ن حا \alpha$$

لكن ١ ن هو نصف قطر دائرة العرض  $\phi$  ويساوى ن ق جتا  $\phi$

$$١' ن' = ن ق جتا \phi حا \alpha$$

٤ — المحور الأكبر للمقطع الناقص لدائرة العرض لا يتعرض لآى تغيير فى طوله عندما يسقط إلى سطح الخريطة لأنه يوازى سطح الخريطة .

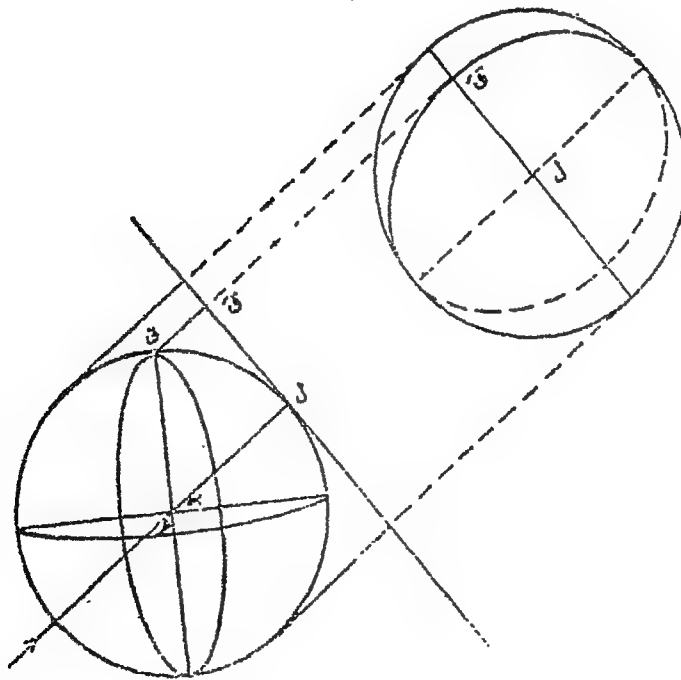
أى أن نصف طول المحور الأكبر للمقطع الناقص لدائرة العرض  $\phi$  يساوى ن ق جتا  $\phi$  .

وعلى ذلك فالخطوات (١) ، (٢) ، (٣) تحدد شكل وموقع القطع الذى يمثل دائرة عرض .

هـ — خط الطول المرسوم على سطح الأرض والذى يبعد  $90^\circ$  طوليه عن خط الطول الأوسط يسقط إلى قطع ناقص ويكون محوره الأكبر مساويا  $2$  نق . أى بدون تغيير لآله يوازي سطح الخريطة . ويكون محوره الأكبر عموديا على خط الطول الأوسط .

ويكون نصف محوره الأصغر ل ق — ومسقط م ق على الخريطة

$$ل ق = م ق جتا \alpha = نق جتا \alpha$$



شكل ٧٦

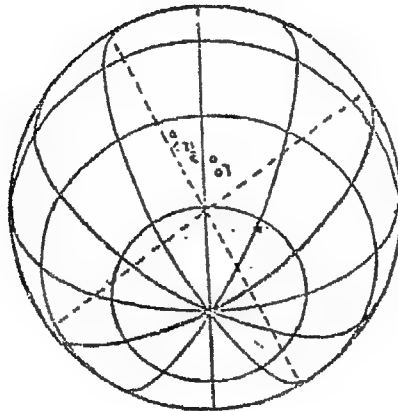
٦ — خط الطول المرسوم على سطح الأرض والذي يبعد بزاوية طول مقدارها  $\lambda$  عن خط الطول الأوسط ، يقطع إلى قطع ناقص مركزه هو مركز الدائرة المحددة ( ل ) ويكون طول محوره الأكبر  $2$  في بدون تغيير ويمثل محوره الأكبر على خط الطول الأوسط بزاوية  $\theta$  حيث

$$\theta = \lambda \text{ حـ } \alpha$$

ويمكن نصف محوره الأصغر مساويا في جتا  $\alpha$  حـ  $\lambda$

مثال :

مسقط أورور جراف مركزه عند العرض  $60^\circ$  جنوب يمثل كرة أرضية نصف قطرها  $4000$  سم .



شكل ٧٧

أولاً : قطاعات الطول

الطول $\lambda$	زاوية ميل المحور الأكبر على خط الطول الأوسط (ه) ظا ه = ظا $\lambda$ جا $\alpha$	انصف المحور الأصغر نق جتا $\alpha$ جا $\lambda$
٣٠°	ظا ٣٠ جا ٦٠ ه = ٢٦ ١/٢°	٢٥ جتا ٦٠ جا ٣٠ = ٢٥ ٦٢٥ سم
٦٠	ظا ٦٠ جا ٦٠ ه = ٥٦	٢٥ جتا ٦٠ جا ٦٠ = ١٠٨٢
٩٠	ظا ٩٠ جا ٦٠ ه = ٩٠	٢٥ جتا ٦٠ جا ٩٠ = ١٢٥٠

ثانياً : قطاعات العرض مبينة في الجدول في الصفحة المقابلة

المسقط الأورثوجرافي المنحرف بمقياس كبير

في نهاية هذا الباب يوجد مثال محسوب لمسقط أورثوجرافي منحرف باستخدام المسافات والاتجاهات على سطح الأرض من مركز الخريطة إلى باقي النقط المطلوب بيانها على الهيكل الجغرافي .

٤ - المسقط الانجماهي متساوي المسافات

كما تبين من اسم المسقط يكون الاتجاه من مركز الخريطة إلى أي مكان على الخريطة مساوياً لنفس الاتجاه على سطح الأرض وكذلك تكون المسافة المستقيمة من مركز الخريطة إلى أي مكان عليها مساوية للمسافة ( على الدائرة العظمى ) المناظرة على سطح الأرض .

ولحساب المسافات والاتجاهات على سطح الأرض يلزم الإلمام

ثانيا : قطاعات الامرض

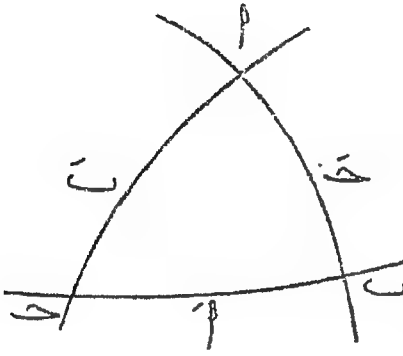
نصف المحور الاصغر نقى جتا $\phi$ حـ $\alpha$	نصف المحور الاكبر نقى جتا $\phi$	بعد مركز القطع عن مركز الخريطة نقى جتا $\phi$ جتا $\alpha$	المرض $\phi$
—	—	١٢٥٠ سم	القطب
١٠٨٢ جـ ٦٠ جتا ٢٥	١٢٥٠ جـ ٦٠ جتا ٢٥	١٠٨٢ جـ ٦٠ جتا ٢٥	حـ ٦٠
١٨٧٥ جـ ٦٠ جتا ٢٥	٢١٦٥ جـ ٦٠ جتا ٢٥	٢١٦٥ جـ ٦٠ جتا ٢٥	حـ ٣٠
٢١٦٥ جـ ٦٠ جتا ٢٥	٢٥٠٠ جـ ٦٠ جتا ٢٥	٢٥٠٠ جـ ٦٠ جتا ٢٥	الاستواء

## بجواب المثلثات الكروية

### المثلث الكروي

المثلث الكروي هو الشكل المرسوم على سطح كرة والذي ينتج من تقاطع ثلاث دوائر عظمى .  
وتماس طول ضلع في المثلث بقيمة الزاوية التي يصنعها عند مركز الكرة .

### قوانين المثلثات الكروية



شكل ٧٨

إذا كانت  $\alpha, \beta, \gamma$  رؤوس  
مثلث كروي وكانت  $\alpha', \beta', \gamma'$   
هي الأضلاع المقابلة .

توجد قوانين كثيرة تربط زوايا  
وأضلاع المثلث لذا ذكر منها القوانين  
الأساسية الآتية :

### قوانين الجيب

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha'} = \frac{\sin \beta}{\sin \beta'} = \frac{\sin \gamma}{\sin \gamma'}$$

قوانين الجيب تمام

$$\cos \alpha' = \cos \beta' \cos \gamma' + \sin \beta' \sin \gamma' \cos \alpha$$

$$\cos \beta' = \cos \alpha' \cos \gamma' + \sin \alpha' \sin \gamma' \cos \beta$$

$$\cos \gamma' = \cos \alpha' \cos \beta' + \sin \alpha' \sin \beta' \cos \gamma$$

تحويل القياس الزاوى إلى قياس طولى  
الميل الجغرافى هو طول قوس على سطح الأرض يقابل زاوية عند مركز  
 الكرة الأرضية مقدارها دقيقة واحدة .

ولما كانت الأرض غير كاملة التـكـوـر لذلك تختلف قيمة الميل الجغرافى من  
 مكان لآخر . وتم الاتفاق على أن القيمة المتوسطة للميل الجغرافى تعادل ١٨٥٢ متر  
 وهى القيمة التى يبلغها طول القوس عند العرض ٤٥° .

فإذا كان هناك قرصاً من دائرة عظمى على سطح الأرض طوله ٤٠ درجة  
 أى ١/٢ محيط الأرض (٣٦٠°) فإن طول هذا القوس =  $٤٠ \times ١٨٥٢ = ٧٤٠٨٠$   
 أى ٧٤٠٠ ميل جغرافى .

ويساوى تقريباً  $٧٤٠٠ \times ١٨٥٢ = ١٣٨٠٩٠٠٠$  كيلو متر



شكل (٧٩)

العالم على مسقط لـاتـجـاهـى متساوى المسافات  
 المسافات والاتجاهات على الخريطة من مدينة نيويورك تمثل المسافات والاتجاهات  
 الأصلية على سطح الأرض

### استخدام المسقط الاتجاهى متساوى المسافات

يعطى المسقط المسافة الصحيحة والاتجاه الصحيح من مركز الخريطة إلى أى مكان آخر على الخريطة. ويرسم خريطة مركزها عند محطة لإرسال لاسلكية تعطى الخريطة أبعاد واتجاهات الأماكن المختلفة من محطة الإرسال وبذلك يمكن تحديد اتجاهات الهوائيات والقدرات المطلوبة لتوصيل الإذاعات إلى مختلف الأماكن .

### أولا المسقط الاتجاهى متساوى المسافات القطبى

كما هو الحال فى جميع المساقط الاتجاهية تكون الاتجاهات عند القطب صحيحة ولذلك تظهر خطوط الطول مستقيمة متلاقية عند نقطة القطب .

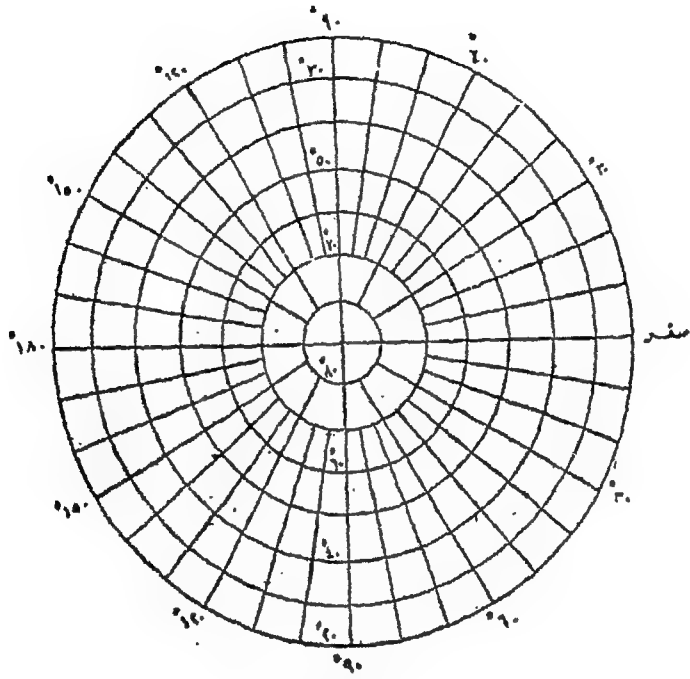
على سطح الأرض تكون جميع القطب التي تكون دائرة من دوائر العرض على أبعاد متساوية من القطب ولذلك تظهر دوائر العرض على المسقط على هيئة دوائر ويكون نصف قطر دائرة العرض على المسقط مساويا للمسافة القوسية على سطح الأرض بين نقطة القطب وأى نقطة من نقط دائرة العرض .

### طريقة الإنشاء

١ - ترسم مجموعة خطوط الطول المستقيمة تضيق فيما بينهما زوايا متساوية وتساوى الزوايا المناظرة على سطح الأرض .

٢ - ترسم دوائر العرض مراكزها عند نقطة القطب الواقعة عند تلاقى خطوط الطول بإنصاف أقطار تساوى المسافة القوسية المناظرة على سطح الأرض .

$$\frac{\phi}{180} \times (\varphi - 90) \times \text{نق} = \text{نق}_\phi$$



شكل ٨٠

الهيكل الجغرافي لمسقط إجماعي متساوي المسافات قطبي

مثال: مسقط إجماعي متساوي المسافات قطبي بمقياس ١ : ١٠٠ مليون.

$$\text{نق} = ٦٣٧٠ \text{ سم}$$

$$\text{نق}_٨ = \frac{\phi}{180} \times (٨١ - ٩٠) \times ٦٣٧٠ = ١٣١١١٨ \text{ سم}$$

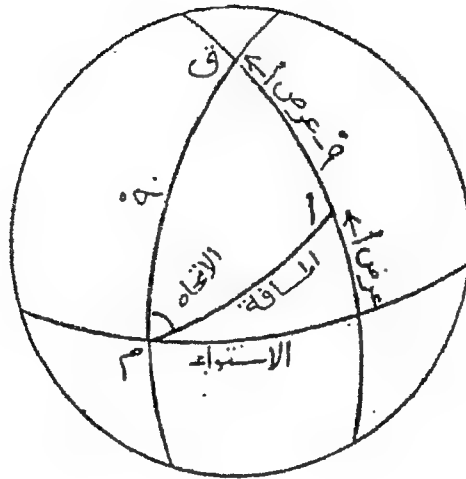
$$\text{نق}_٦ = ٢٣٢٤٢$$

$$\text{نق}_٧ = ٢٣٢٢٥$$

نق. ٤ = ٥٥٥٨٩

نق. ٥ = ٤٤٧١

ثانياً : المسقط الإجمالى متساوى المسافات الإستوائى



شكل ٨١

يقع مركز الخريطة عند نقطة على الاستواء مثل م ، ويتم حساب البعد من مركز الخريطة إلى جميع النقاط التى تشكل الهيكل الجغرافى مثل نقطة ١ ، كما يتم حساب الإتجاه ( الانحراف ) أى الزاوية التى يصنعها م ١ مع اتجاه الشمال عند م وهو اتجاه خط الطول م ق .

المثلث السكروى الذى يجمع م ، ١ مع نقطة القطب ق تتحدد عناصره كالآتى:

- ١ - ق نقطة القطب ، م نقطة على الاستواء فيكون ق م =  $90^\circ$  .
- ٢ - تبعد ١ عن الاستواء بمقدار زاوية عرضها  $\phi$  فيكون ق ١ =  $90^\circ - \phi$  .
- ٣ - خط الطول الذى يمر بنقطة ١ يصنع زاوية  $\lambda$  مع خط طول النقطة م

وقيمة هذه الزاوية تساوى الفرق بين طولى كل من ١ ، م .

يتم الحصول على المسافة  $\lambda$  م مقدرة بالدرجات من العلاقة

$$\text{جتا } \lambda \text{ م} = \text{جتا } \phi \text{ جتا } \lambda$$

كما يتم الحصول على الاتجاه ( $\lambda$  ق م) من العلاقة

$$\text{ظا (الاتجاه)} = \text{ظنا } \phi \text{ جا } \lambda$$

وبعد حساب المسافة والاتجاه لكل نقطة يتم التوزيع على الخريطة ثم يتم توصيل النقاط المشتركة في نفس الطول فينتج الهيكل المطلوب .

مثال: مسقط لإتجاهى متساوى المسافات استوائى مركزه عند تلاقى الاستواء بخط طول جرينتش مع بيان خطوط الطول والعرض كل ٣٠° .

بعد النقطة ( عرض ٣٠° شمال ، طول ٦٠° شرق ) عن مركز الخريطة

$$\text{جتا (البعد)} = \text{جتا } ٣٠ \text{ جتا } ٦٠$$

$$\text{البعد} = ٦٤٣٤١ = ٣٨٦٠ \text{ ميل جغرافى} = ٧١٥٠ \text{ كيلو متر}$$

$$\text{ظا (الاتجاه)} = \text{ظنا } ٣٠ \text{ جا } \lambda$$

$$\text{الاتجاه} = ٥٦٣١٠°$$

وبتكرار هذا العمل مع باقى النقاط المطلوبة لتشكيل الهيكل الجغرافى نحصل على الجدول الآتى :

قائمة الاتجاهات والمسافات على سطح الأرض

٦٠°		٣٠°		طول
مسافة	اتجاه	مسافة	اتجاه	عرض
٦٤٣٤١°	١٦٧١٠٢°	٤١٣٤١°	٤٠٧٨٩٣°	٣٠
٧٥٧٥٢٢	٢٦٧٥٦٥	٦٤٣٤١	٥٦٧٣١٠	٦٠
٩٠٧٠٠٠	٣٠٧٠٠٠	٩٠٧٠٠٠	٦٠٧٠٠٠	٩٠
١٠٤٧٤٧٨	٢٦٧٥٦٥	١١٥٧٦٥٩	٥٦٧٣١٠	١٢٠
١١٥٧٦٥٩	١٦٧١٠٢	١٣٨٧٥٩٠	٤٠٧٨٩٣	١٥٠
١٢٠٧٠٠٠	٠٠٧٠٠٠	١٥٠٧٠٠٠	٠٠٧٠٠٠	١٨٠

وبتوقيع النقط وتوصيلها نحصل على الهيكل الجغرافي في شكل ٨٢ .

المعروف أن التوقيع باستخدام الاحداثيات المتعامدة يكون أدق وأسهل من التوقيع باستخدام الاتجاه والمسافة . والجدول الآتي يعطى احداثيات النقط التي تشكل الهيكل الجغرافي باعتبار نقطة الأصل عند مركز الخريطة وينطبق محور الصادات على خط الطول الأوسع كما ينطبق محور السينات على الاستواء

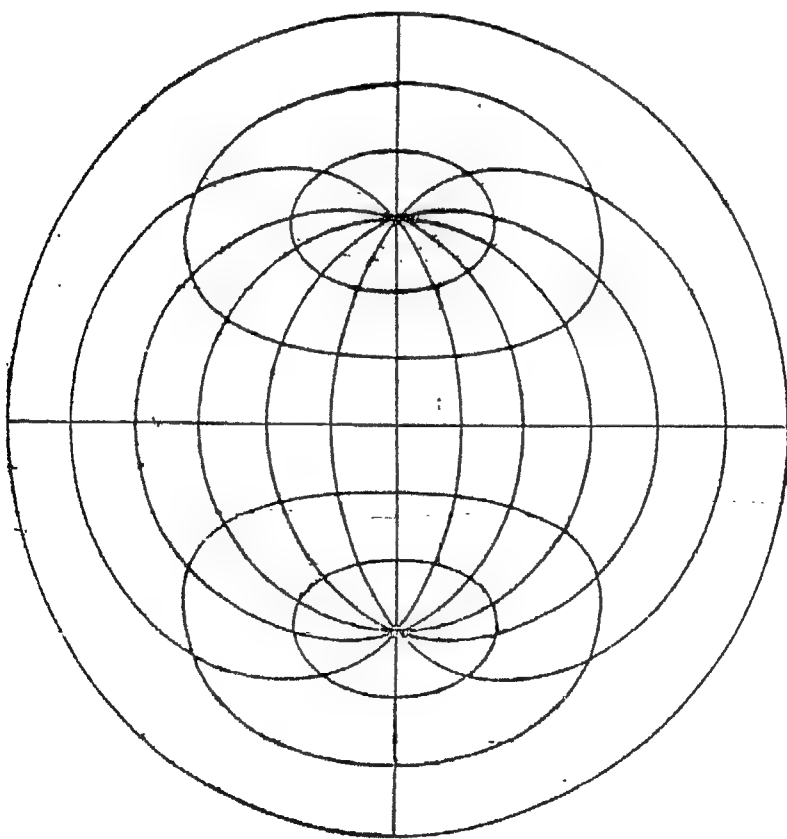
وتكون معادلات التحويل من الاحداثيات القطبية ( اتجاه ومسافة ) الى الاحداثيات المتعامدة ( س ، ص ) كالآتي :

$$ص = المسافة \times جا ( الاتجاه )$$

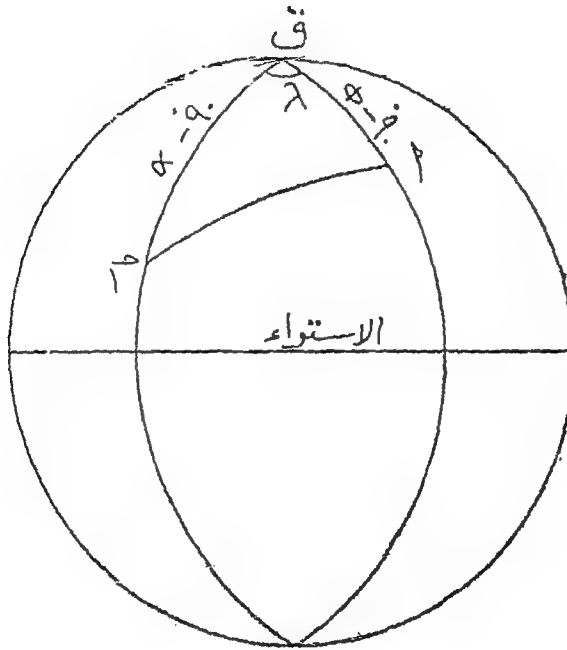
$$س = المسافة \times جتا ( الاتجاه )$$

قائمة الاحداثيات المتعامدة على الخريطة  
المقياس : وحدة طرلية لكل درجة

٦٠°		٣٠°		عرض
م	س	م	س	طول
٦١٧٨٢	١٧٧٨٤	٣١٧٣٠	٢٧٧١١	٣٠
٦٧٧٥٥	٣٣٧٧٧	٣٥٧٦٩	٥١٧٠٣	٦٠
٧٧٧٩٤	٤٥٧٠٠	٤٥٧٠٠	٧٧٧٩٤	٩٠
٩٣٧٤٥	٤٦٧٧٢	٦٤٧١٦	٩٦٧٢٣	١٢٠
١١١٧١٢	٣٣٧٠٨	١٠٤٧٧٦	٩٠٧٧٣	١٥٠
١٢٠	صفر	١٥٠	صفر	١٨٠



النقطة الاتجاهى متساوى المسافات المنحرف  
الحالة العامة



شكل ٨٢

لا تختلف الحالة العامة عن الحالة الإستوائية في طريقة الإنشاء ولكن  
الحسابات اللازمة للمسافات والاتجاهات تكون أطول من الحسابات في الحالة  
الإستوائية .

إذا كان مركز الخريطة (م) عند العرض  $\phi$  وكانت ( ١ ) إحدى نقط الهيكل  
الجغرافى عند العرض  $\phi$  . وكانت الزاوية عند القطب ( ق ) بين خطى طول

١٢ م ١ هـ ٨

$$ق م = ٩٠ - \alpha$$

$$ق ا = ٩٠ - \phi$$

$$> ا ق م = \lambda$$

ويكون جتا (المسافة ا م) = جتا  $\alpha$  جتا  $\phi$

$$+ جتا \alpha جتا \phi جتا \lambda$$

$$\frac{جتا \phi - جتا (المسافة) جتا \alpha}{جتا (المسافة) جتا \alpha} = جتا (الاتجاه ق م)$$

مثال:

مسقط اتجاهى متساوى المسافات مركزه عند الموقع (عرض  $٦٠^\circ$  شمال ، طول جرينتش ) مع بيان خطوط الطول والعرض كل  $٣٠^\circ$ .

بعد النقطة ( عرض  $٣٠^\circ$  شمال ، طول  $١٢٠^\circ$  شرق ) عن مركز الخريطة

$$جتا (المسافة) = جتا ٦٠ حا ٣٠ + جتا ٦٠ جتا ٣٠ جتا ١٢٠$$

$$المسافة = ٧٧٤٩٦^\circ$$

$$\frac{حا ٣٠ - جتا ٧٧٤٩٦ حا ٦٠}{حا ٧٧٤٩٦ جتا ٦٠} = جتا (الاتجاه)$$

$$الاتجاه = ٥٠٠١٩٥^\circ$$

بعد النقطة ( عرض  $٦٠^\circ$  جنوب ، طول  $١٥٠^\circ$  شرق ) عن مركز الخريطة

$$جتا (المسافة) = جتا ٦٠ جتا (٦٠-) + جتا ٦٠ جتا (٦٠-) جتا ١٥٠$$

$$المسافة = ١٦٥١٢٩^\circ$$

$$\frac{\text{جنا (الاتجاه)} - \text{جنا } ١٦٥١٢٩ \text{ جا } ٦٠}{\text{جنا } ١٦٥١٢٩ \text{ جا } ٦٠} = \text{الاتجاه} = ١٠٣٠٦٤$$

وبتكرار هذا العمل مع باقي النقط المطلوبة لتشكل الهيكل الجغرافي نحصل على الجدول الآتي :

عرض / طول		٦٠ ش	٣٠ ش	صفر	٣٠ ح	٦٠ ح
٣٠	اتجاه	١٦٦٩	١٣٢٧	١٤٦٣	١٥٤٣	١٦٢٨
	مسافة	١٤٤٩	٣٦١	٦٤٣	٩٣٣	١٢٢٢
٦٠	اتجاه	٦٣٤	٩٩٥	١١٦٦	١٢٩٨	١٤٦٣
	مسافة	٢٨٩	٤٩٥	٧٥٥	١٠٢٥	١٢٨٧
٩٠	اتجاه	٤٩١	٧٣٩	٩٠	١٠٦١	١٣٠٩
	مسافة	٤١٤	٦٤٣	٩٠	١١٥٧	١٣٨٦
١٢٠	اتجاه	٣٣٧	٥٠٢	٦٣٤	٨٠٠	١١٦٦
	مسافة	٥١٣	٧٧٥	١٠٤٥	١٣٠٥	١٥١١
١٥٠	اتجاه	١٧٠	٢٥٦	٣٣٥	٤٧٣	١٠٣١
	مسافة	٥٧٨	٨٦٧	١١٥٧	١٤٣٩	١٦٥١

يتم توقيع النقط إما بطريقة الاتجاه والمسافة ولما بعد محور لها إلى إحداثيات متعامدة بالطريقة المستخدمة في الحالة الاستوائية ونحصل على الهيكل الجغرافي المشابهة لشكل ٧٩ .

### المساقط الاتجاهية

باستخدام الأبعاد والاتجاهات على سطح الأرض

يمكن رسم المساقط الاتجاهية إلى سبب دراستها وهي المركزي والاستريوجرافي والاورثوجرافي وبالأخص الحالات الاستوائية والمنحرفة منها وذلك بعد حساب الأبعاد والاتجاهات من مركز الخريطة إلى باقي النقاط المطلوب بيانها على الهيكل الجغرافي .

وفي هذه الحالة تكون عملية الإسقاط مشابهة تماما للحالة القطبية .

### المسقط المركزي

بالرجوع إلى شكل ٤٣ في المسقط المركزي القطبي نجد أن نقطة ١ على سطح الأرض تسقط إلى ١' على سطح الخريطة ويكون بعد ١' عن مركز الخريطة مساويا لظا<sup>٨</sup> م ١ أي تقا ( المسافة مقدرة بالدرجات )  
وتطبق تلك القاعدة في الحالة الاستوائية وأيضا في الحالة المنحرفة فنحصل على الهيكل الجغرافي المطلوب .

### المسقط المركزي الاستوائي

مثال :

مسقط مركزي استوائي مركزه عند تلاقي الاستواء بخط طول جرينتش مع بيان خطوط الطول والعرض كل ٣٠° .

مقياس الرسم ١ : ١٠٠ مليون

نق = ٦٠٣٧ سم

سبق الحصول على قائمة الأبعاد والاتجاهات من مركز الخريطة إلى باقى  
نقط الهيكل الجغرافى وذلك فى مثال المسقط الاتجاهى متساوى المسافات  
الاستوائى . والمبينة كالآتى :

### الاتجاهات والمسافات على سطح الأرض

عرض		٣٠°		٦٠°	
طول	عرض	اتجاه	مسافة	اتجاه	مسافة
		٣٠°	٤٠°	١٦٠°	٦٠°
٣٠°	٤٠°	٤٠°	١٦٠°	١٦٠°	٦٠°
٦٠°	٥٦°	٥٦°	٦٤°	٦٤°	٧٥°

ولكنفى هذه الحدود إذ أن المسقط المركزى لا يصل إل مسافة ٩٠° عن  
مركز الخريطة .

وتصبح المسافات على الخريطة كما فى الجدول الآتى حيث :

المسافة على الخريطة ( سم ) = بق ( سم ) × ظ ( للمسافة على الأرض  
بالدرجات )

الاتجاهات والمسافات على الخريطة

°٦٠		°٣٠		عرض
نق ظا المسافة	اتجاه	نق ظا المسافة	اتجاه	طول
نق ظا ٦٤٣٤١ سم ١٣٢٥٩ =	١٦٢١٠٢	نق ظا ٤١٠١٢ سم ٥٦١٧ =	٤٠٨٩٣	°٣٠
نق ظا ٧٥٢٥٢ سم ٢٤٢٧٠ =	٢٦٥٦٥	نق ظا ٦٤٣٤١ سم ١٣٢٥٩ =	٥٦٢١٠	°٦٠

وتحويل الاتجاهات والمسافات على الخريطة إلى إحداثيات متعامدة

س، ص حيث س = المسافة × جـ (الاتجاه)

ص = المسافة × جتا (الاتجاه)

°٦٠		°٣٠		عرض
ص	س	ص (سم)	س (سم)	طول
١٢٧٣٩	٣٢٦٧٨	٤٢٤٧	٣٢٦٧٨	°٣٠
٢٢٢٠٦٦	١١٢٠٣٣	٧٢٣٥٥	١١٢٠٣٣	°٦٠

## المسقط المركزي المنحرف

مثال :

مسقط مركزي منحرف مركزه عند الموقع ( عرض  $60^\circ$  شمال ، طول جرينتش ) مع بيان خطوط الطول والعرض كل  $30^\circ$ .

والمقياس ١ : ٥٠ مليون

نق = ١٢٧٤ سم

وسبق الحصول على قائمة بالمسافات والاتجاهات من مركز الخريطة الى باقى  
نقط الهيكل الجغرافى وذلك فى مثال المسقط الاتجاهى متساوى المسافات المنحرف  
والمبينة كالآتى :

## الاتجاهات والمسافات على سطح الارض

عرض طول		٦٠	$30^\circ$	صفر
صفر	اتجاه مسافة	صفر صفر	$180^\circ$ $30^\circ$	$180^\circ$ $60^\circ$
$30^\circ$	اتجاه مسافة	٧٦٧٩ ١٤٧٩	١٣٢٧٧ ٢٦٧١	١٤٦٧٣ ٦٤٧٣
$60^\circ$	اتجاه مسافة	٦٢٧٤ ٢٨٧٩	٩٩٧٥ ٤٩٧٥	١١٦٧٦ ٧٥٧٥

وتصبح الاتجاهات والمسافات على الخريطة كما في الجدول الآتي :

حيث المسافة على الخريطة بالسنتيمترات

$$= \text{نق ( سم ) } \times \text{ظا ( المسافة على الأرض بالدرجات )}$$

الاتجاهات والمسافات على الخريطة

عرض / طول		٦٠	٣٠	صفر
صفر	اتجاه مسافة سم	صفر صفر	١٨٠ ٧٣٥٥	١٨٠ ٢٢٠٦٦
٣٠	اتجاه مسافة سم	٧٦٩ ٣٣٩٠	١٣٢٧ ٩٢٩٠	١٤٦٣ ٢٦٤٧٢
٦٠	اتجاه مسافة سم	٦٣٤ ٧٠٣٣	٩٩٥ ١٤٩١٧	١١٦٦ ٤٩٢٦٢

وتحويل الاتجاهات والمسافات الى احداثيات متعامدة نحصل على جدول

الاحداثيات الآتي :

عرض / طول		٦٠	٣٠	صفر
صفر	م (سم) ص (سم)	صفر صفر	صفر ٧٣٥٥	صفر ٢٢٠٦٦
٣٠	س ص	٣٣٠٢ ٠٧٦٨	٦٨٢٧ ٦٣٠٠	١٤٦٨٨ ٢٢٠٦٣
٦٠	س ص	٦٢٨٩ ٣١٤٩	١٤٧١٢ ٢٤٠٢	٤٤٠٤٨ ٢٢٠٦٥

### المسقط الاستريوجرافى

بالرجوع إلى شكل ٥٦ فى المسقط الاستريوجرافى القطبى نجد أن نقطة ١ على سطح الأرض تسقط إلى ١' على سطح الخريطة ويكون بعد ١' عن مركز الخريطة مساوياً

$$٢ \text{ نق ظا} = \frac{١ \text{ م}^{\text{هـ}}}{٢} \text{ نق ظا} \quad (\text{نصف المسافة مقدرة بالدرجات})$$

### المسقط الاستريوجرافى الاستوائى

مثال :

مسقط استريوجرافى استوائى مركزه عند تلاقى الاستواء بخط طول جرينتش مع بيان خطوط الطول والعرض كل ٣٠°

مقياس الرسم ١ : ١٠٠ مليون

$$\text{نق} = ٦٣٧ \text{ سم}$$

وقائمة الاتجاهات والمسافات هى نفسها المبينة فى مثال المسقط الاتجاهى متساوى المسافات الاستوائى وأيضاً فى مثال المسقط المركزى الاستوائى باستخدام الأبعاد والاتجاهات والمبينة فى الجدول الآتى :

الاتجاهات والمسافات على سطح الأرض

٩٠	٦٠		٣٠		عرض / طول	
	اتجاه	مسافة	اتجاه	مسافة		
٩٠°	٠°٠٠	٦٤٣٤١°	١٦١٠.٢°	٤١٣٤١°	٤٠٣٨٩٣°	٣٠
		٧٥٣٥٢٢	٢٦٣٥٦٥	٦٤٣٤١	٥٦٣٣١٠	٦٠
		٩٠	٣٠	٩٠	٦٠	٩٠

وتصبح الاتجاهات والمسافات على الخريطة كما هو في الجدول الآتي :

حيث المسافة على الخريطة بالسنتيمترات

$$= ٢ \text{ نق ( سم ) } \times \text{ ظا ( نصف المسافة على الأرض بالدرجات ) }$$

عرض	طول	٣٠		٦٠		٩٠	
		اتجاه	مسافة سم	اتجاه	مسافة سم	اتجاه	مسافة سم
٣٠	٤٠٨٩٣	°	٤٥٨١٥	°	٨٥٠١٤	°	١٢٥٧٤٠
٦٠	٥٦٥٣١	°	٨٥٠١٤	°	٣٦٥٦٥	°	٩٥٨٦٨
٩٠	٦٠	١٢٥٧٤٠	٣٠	١٢٥٧٤٠	٣٠	١٢٥٧٤٠	٣٠

وفي النهاية يتم تحويل الاتجاهات والمسافات الى إحداثيات متعامدة من نفس القواعد السابقة.

### المسقط الاستريوجرافي المنحرف

مثال :

مسقط استريوجرافي منحرف مركزه عند الموقع (عرض ٦٠° شمال ، طول جرينتش) مع بيان خطوط الطول والعرض كل ٣٠° - والمقياس ١ : ١٢٥٧٤٠٠٠

$$\text{نق} = ١٢٥٧٤٠$$

وبتحويل المسافات على سطح الأرض الى المسافات على الخريطة بالعلاقة

$$\text{المسافة على الخريطة} = ٢ \text{ نق ظا ( نصف المسافة على الأرض ) } \text{ نصل}$$

الجدول الآتي :

عرض				طول
	٢٠ ش	٦٠ ش	صفر	
٣٠	١٢٢٢٧	٧٦٠٩	١٤٦٢٣	اتجاه (°) مسافة (سم)
	٨٠٣٠٤	٣٢٣٢٢	١٦٢٠١٥	
٦٠	٩٩٢٥	٦٣٢٤	١١٦٢٦	اتجاه مسافة
	١١٢٨٥٤	٦٢٥٦٦	١٩٢٧٢٩	
٩٠	٧٣٢٩	٤٩٢١	٩٠	اتجاه مسافة
	١٦٢٠١٥	٩٢٦٢٨	٢٥٢٤٨٠	
١٢٠	٥٠٢٢	٣٣٢٧	٦٣٢٤	اتجاه مسافة
	٢٠٢٤٥٠	١٢٢٢٣٥	٣٢٢٩٠٨	

### المسقط الأورثوجرافي

عند إنشاء الم. قط الأورثوجرافي القطبي سقطت كل نقطة من سطح الأرض إلى سطح الخريطة بحيث كان بعدها عن مركز الخريطة = تق جتا (العرض) = تق جتا (٩٠ - البعد القطبي). = تق جا البعد القطبي

وعلى ذلك يمكن تشكيل أى مسقط أورثوجرافي بتحويل المسافات الأرضية إلى المسافات على الخريطة بالقاعدة الآتية :

$$\text{المسافة على الخريطة} = \text{تق} \times \text{حا} (\text{الم. افقة على الأرض})$$

### المسقط الأورثوجرافي الاستوائي

مثال : مسقط أورثوجرافي استوائي مركزه عند تلاقي الاستواء بخط طول جرينتش والمقياس ١ : ١٠٠ مليون

يمطى الجدول الآتي الاتجاهات والمسافات على الخريطة حيث :

المسافة على الخريطة ( سم ) = ٦٠٣٢ × حـ ( المسافة على الأرض )

عرض طول	٣٠		٦٠	
	اتجاه	مسافة	اتجاه	مسافة
٣٠	٤٠٠٨٩٣	٤٠٢١٣	١٦٠١٠٢	٥٠٧٤٢
٦٠	٥٦٠٣١٠	٥٠٧٤٢	٢٦٠٥٦٥	٦٠١٦٨
٩٠	٦٠	٦٠٣٧٠	٣٠	٦٠٣٧

### المسقط الأورثوجرافي المنحرف

مثال : مسقط أورثوجرافي منحرف مركزه عند الموقع ( عرض ٦٠° شمال، طول جرينتش ) مع بيان خطوط الطول كل ٣٠°

والمقياس ١ : ٥٠ مليون

يمطى الجدول الآتي الاتجاهات والمسافات على الخريطة حيث

المسافة على الخريطة ( سم ) = ١٢٠٧٤ × حـ ( المسافة على الأرض )

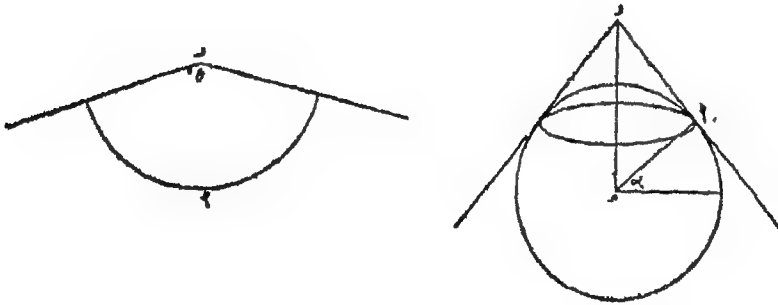
عرض طول		٦٠ ش	٢٠ ش	صفر	٢٠ ج
صفر	اتجاه مسافة (مم)	صفر صفر	١٨٠ ٦٠٣ ٠	١٨٠ ١١٠٠٣٣	١٨٠ ١٢٠٧٤
٣٠	اتجاه مسافة	٧٦٠٩ ٣٠٢٧٦	١٢٢٠٧ ٧٠٥٠٦	١٤٦٠٣ ١١٠٤٨٠	
٦٠	اتجاه مسافة	٦٢٠٤ ٦٠١٥٧	٩٩٠٥ ٩٠٦٨٨	١١٦٠٦ ١٣٠٣٣٤	
٩٠	اتجاه مسافة	٤٩٠١ ٨٠٤٢٥	٧٢٠٩ ١١٠٤٨٠	٩٠ ١٢٠٧٤٠	
١٢٠	اتجاه مسافة	٣٣٠٧ ٩٠٩٤٣	٥٠٠٢ ١٢٠٤٣٨		
١٥٠	اتجاه مسافة	١٧٠ ١٠٠٧٨١	٢٥٠٦ ١٢٠٧١٩		

## الباب السابع

### المساقط المخروطية

في هذه المجموعة من المساقط نبدأ بمخروط يمر سطح الأرض حول دائرة غالباً ما تكون دائرة عرض .

بعد قطع المخروط عند رأسه منه وبعد فردة حتى يتخذ شكل السطح المستوي الذي هو سطح الخريطة ، تظهر دائرة عرض التماس قوساً من دائرة مركزها هو رأس المخروط ونصف قطرها هو طول الرأس من رأس المخروط إلى موضع التماس .



شكل ٨٤

يكون أيضاً طول القوس على المسقط الذي يمثل دائرة عرض التماس مساوياً للطول الحقيقي لمحيط هذه الدائرة على سطح الأرض .

وبعد ذلك تتكون المساقط المخروطية بأساليب متنوعة تحقق خصائص وشرط معينة.

الخصائص الهندسية العامة للمساقط المخروطية

إذا كانت (ز) هي رأس المخروط في شكل ٨٤ وكانت (١) نقطة على دائرة عرض التماس، وقيمة زاوية عرضها  $\alpha$  وكانت (م) مركز الكرة الأرضية .

١ - نصف قطر دائرة عرض التماس على المسقط

واضح أن نصف القطر هو ر ١

من المثلث م ١ ر الذي فيه زاوية م ١ ر قائمة وزاوية ر م ١  $= 90^\circ - \alpha$

$$ر ١ م = ١ م \times \text{ظلنا } \alpha = \text{نق ظلنا } \alpha$$

ب - ثابت المخروط

إذا كانت  $\theta$  هي قيمة الزاوية المستوية عند النقطة ر عندما يتخذ المخروط الشكل المستوي وهي الزاوية المركزية المقابلة للقوس الذي يمثل دائرة عرض التماس فعندئذ تمثل الزاوية  $\theta$  جميع زوايا الطول وقيمتها  $360^\circ$

وتسمى النسبة بين زوايا الطول على الخريطة وزوايا الطول على الأرض بـ ثابت المخروط .

$$\frac{\theta}{360} = \text{ثابت المخروط}$$

و ثابت المخروط هو أيضا النسبة بين أى زاوية طول على الخريطة والزاوية المناظرة على الأرض .

طول قوس دائرة عرض التماس على المسقط يساوى طول محيط هذه الدائرة على سطح الأرض

$$\alpha = \frac{\text{ط}}{180} \times \theta \times 1$$

$$\alpha = \frac{\text{ط}}{180} \times \theta \times \alpha$$

$$\alpha = \frac{\text{جنا}}{\text{ظنا}} = \frac{\theta}{360}$$

أى أن ثابت المخروط = جيب زاوية عرض النفا

استخدامات المساقط المخروطية

لما كانت دائرة عرض النفا تظهر على المصط مساوية في طولها للطول الحقيقي على سطح الأرض ، تستخدم المساقط المخروطية لتمثيل مناطق من سطح الأرض تمتد امتدادا كبيرا مع درجات الطول وامتدادا صغيرا لسييا مع درجات العرض.

ويؤخذ مخروط النفا بحيث يس سطح الأرض عند دائرة عرض تتوسط المنطقة المطلوب بيانها على الخريطة .

يسمى عرض دائرة النفا بالعرض الرئيسى ويرمز له بالرمز  $\alpha$  .

١ - المصط المخروطى البسيط

طريقة الإلقاء

نفرض أن قيمة العرض الرئيسى  $\alpha$

١ - نأخذ نقطة مثل ر تمثل رأس المخروط



تساوى الأبعاد الحقيقية على السطح الكروى للأرض بين دوائر العرض المختلفة ودائرة العرض الرئيسى .

٦ - ترسم دوائر العرض بحيث يكون مركزها عند نقطة الرأس ر وتمر في النقط س ، ص ، ع ، ...

### ملحوظات

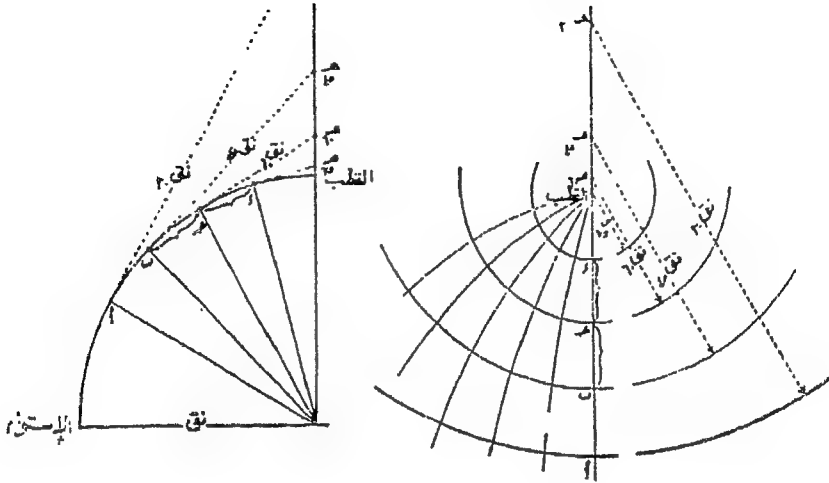
- ١ - القطب يظهر على شكل قوس دائرة وليس نقطة .
- ٢ - خطوط الطول على المسقط وهى خطوط مستقيمة تساوى فى أطوالها خطوط الطول الأصلية على سطح الأرض .
- ويعب عن تلك الخاصية بأن المقياس على خطوط الطول يكون صحيحا .
- ٣ - خط العرض الرئيسى يساوى فى طوله دائرة العرض الرئيسى على سطح الأرض أى أن المقياس يكون صحيحا على خط العرض الرئيسى .
- ٤ - خطوط العرض الأخرى بخلاف خط العرض الرئيسى تكون أطول من نظيراتها على سطح الأرض .

### مثال

مسقط مخروطى بسيط بمقياس ١ : ٥٠ مليون وفيه العرض الرئيسى ٥٠° شمال ويمتد بين خطى الطول ٢٠° شرق ، ١٢٠° شرق .  
 رادية الطول المطلوب تمثيلها على الخريطة =  $١٢٠ - ٢٠ = ١٠٠$ °  
 ثابت المخروط =  $٥٠$ ° =  $٧٦٦٠٤$  ر .



## طريقة الإنشاء



شكل ٨٦

١ - يرسم خط رأسى يمثل خط الطول الأوسط .

٢ - نوقع على هذا الخط النقط ( ١ ، ب ، ح ، ... ) على أبعاد متساوية من بعضها لتمثل تقاطعات دوائر العرض المختلفة وبحيث تكون المسافة بين كل نقطتين منها مساوية للمسافة القوسية على سطح الأرض بين دائرتى العرض المناظرتين .

٣ - ترسم دوائر العرض التى تمر بالنقط ( ١ ، ب ، ح ، ... ) بعد إيجاد مواقع مراكزها على خط الطول الأوسط وبحيث يبعد مركز كل دائرة عن النقطة المناظرة بمسافة تساوى نق ظنا ( زاوية العرض ) .

( فى شكل ٨٦ ٣.١ = نق ظنا ٣° ، ب.م. = نق ظنا ٤٥° ، ... )

٤ - من كل من النقط التى تحدد مواقع مراكز دوائر العرض أى

٣.١ ، ٣.٢ ، ٣.٣ ، ... ترسم دوائر الطول  $\lambda = \lambda$  حا ( زاوية العرض )

فتقابل أضلاع الزاوية القوس المقابل لها و المنقطتين اللتين تحددان نهايتي خط العرض

٥ — يقسم كل قوس دائرة عرض على حدة إلى أقسام متساوية .

٦ — نصل بين نقط تقسيم أقواس دوائر العرض لنحصل على خطوط الطول .

مثال :

مسقط متعدد المخاريط بمقياس ١ : ١٠ مليون يمثل ١٢٠° طولية .

$$\begin{aligned} \bullet \text{ ° عرضيه مقاسة على خط الطول الأوسط} &= ٥ \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times \text{نق} \\ &= ٥٨٩٥٥٨٩ \text{ سم} \end{aligned}$$

$$\text{نق. ٢} = \text{نق ظلنا } ٢٥^\circ = ٩٠٩٧٣٠ \text{ سم}$$

$$\text{٢. ٥} = ١٢٠^\circ \text{ حا } ٣٥ = ٦٨٨٢٩٢$$

$$\text{نق. ٤} = \text{نق ظلنا } ٤٠ = ٧٥٩١٤٧ \text{ سم}$$

$$\text{٤. ٥} = ١٢٠^\circ \text{ حا } ٤٠ = ٧٧٧١٣٤٥$$

$$\text{نق. ٤} = \text{نق ظلنا } ٤٥ = ٦٣٧٠٠٠ \text{ سم}$$

$$\text{٤. ٥} = ١٢٠^\circ \text{ حا } ٤٥ = ٨٤٨٥٢٨$$

$$\text{نق. ٥} = \text{نق ظلنا } ٥٠ = ٥٣٥٠٦ \text{ سم}$$

$$\text{٥. ٥} = ١٢٠^\circ \text{ حا } ٥٠ = ٩١٩٢٥٣$$

$$\text{نق. ٥} = \text{نق ظلنا } ٥٥ = ٤٤٦٠٣٢ \text{ سم}$$

$$\text{٥. ٥} = ١٢٠^\circ \text{ حا } ٥٥ = ٩٨٢٩٨٢$$



ج هي الزاوية المركزية عند رأس المخروط

طول قوس العرض  $\alpha$  على المسقط = محيط دائرة العرض  $\alpha$  على سطح الأرض

$$(١) \quad \alpha \text{ نق} \times \frac{\pi}{180} \times \theta = \pi \text{ نق} \text{ جتا } \alpha$$

$$(٢) \quad \beta \text{ نق} \times \frac{\pi}{180} \times \theta = \pi \text{ نق} \text{ جتا } \beta \quad \text{كذلك}$$

المسافة بين القوسين على المسقط = المسافة القوسية بين دائرتي العرض  $\alpha$  ،  $\beta$  على سطح الأرض

$$(٣) \quad \alpha \text{ نق} - \beta \text{ نق} = \frac{\pi}{180} \times (\alpha - \beta) \text{ نق}$$

وبطرح المعادلة (٢) من المعادلة (١)

$$\alpha \text{ نق} - \beta \text{ نق} = (\alpha \text{ نق} - \beta \text{ نق}) \times \frac{\pi}{180} \times \theta$$

$$(٤) \quad \alpha \text{ نق} - \beta \text{ نق} = \frac{360}{\theta} \text{ نق} (\alpha \text{ جتا} - \beta \text{ جتا})$$

ومن المعادلتين (٢) ، (٤) ينتج ان

$$\text{نق} (\alpha - \beta) \times \frac{\pi}{180} = \frac{360}{\theta} (\alpha \text{ جتا} - \beta \text{ جتا})$$

$$\frac{180}{\phi} \times \frac{\text{جتا } \alpha - \text{جتا } \beta}{(\alpha - \beta)} = \frac{7}{360} = \text{ثابت المخروط}$$

$$\frac{\text{نق جتا } \alpha}{\text{ث}} = \text{ومن المعادلة (١) نق } \alpha$$

$$\frac{\text{نق جتا } \beta}{\text{ث}} = \text{(٢) نق } \beta$$

وتقع دوائر العرض الأخرى بحيث تبعد عن العرض الرئيسي  $\alpha$  أو  $\beta$  بمسافة تساوي المسافة القوسية المناظرة على سطح الأرض .

$$\text{نق } \phi = \frac{\text{نق جتا } \alpha}{\text{ث}} + (\phi - \alpha) \times \frac{\phi}{180} \times \text{ث}$$

### طريقة الإنشاء

يرسم بنفس الطريقة المتبينة في رسم المسقط المخروطي البسيط وذلك بعد تحديد الخصائص الهندسية للمخروط المطلوب .

مثال :

مسقط مخروطي بعرضين رئيسيين  $60^\circ$  ،  $75^\circ$  شمال بـقياس ١ : ٢٠ مليون يمثل  $100^\circ$  طولية

$$\text{نق} = 31285 \text{ سم}$$

$$\theta = \text{ثابت المخروط} = \frac{180}{\pi} \times \frac{70 - 60}{(70 - 60)} = 0.92124$$

$$\text{الزاوية المركزية عند رأس المخروط} = 100^\circ \times \theta = 92.118^\circ$$

$$\text{نق. ٦} = \frac{\text{نق جتا ٦٠}}{\theta} = 172865 \text{ سم}$$

$$\text{نق. ٧} = \frac{\text{نق جتا ٧٥}}{\theta} = 89471 \text{ سم}$$

المسافة القوسية على سطح الأرض التي تقابل  $0^\circ$  عرضيه

$$= 0 \times \frac{\pi}{180} \times \text{نق} = 27794 \text{ سم}$$

$$\text{نق. ٦} = 172865 + 27794 = 200659 \text{ سم}$$

$$\text{نق. ٧} = 200659 + 27794 = 228453 \text{ سم}$$

$$\text{نق. ٦} = 172865 - 27794 = 145071 \text{ سم}$$

$$\text{نق. ٧} = 145071 - 27794 = 117277 \text{ سم}$$

$$\text{نق. ٨} = 89471 - 27794 = 61677 \text{ سم}$$

المقياس على المسقط المخروطى بعرضين رئيسيين :

على المسقط المخروطى البسيط يحتفظ قدوس العرض الرئيسى بالمقياس صحيحا - أما باقى خطوط العرض فالمقياس يأخذ فى العكس كلما أبعدنا عن العرض الرئيسى .

أما على المسقط المخروطى بعرضين رئيسيين وباختيار العرضين الرئيسيين داخل المنطقة المطلوب تمثيلها على المسقط فإن المقياس لا يتغير كثيرا داخل نطاق الخريطة . وعادة يتم اختيار العرضين الرئيسيين بحيث يبعد كل منهما عن العرض المحدد للخريطة بمقدار  $\frac{1}{4}$  الاتساع العرضى للخريطة . وقد تتغير تلك القاعدة حسب شكل المنطقة المطلوب تمثيلها على الخريطة .

مثال لذلك خريطة تمتد من العرض  $40^\circ$  شمال الى العرض  $65^\circ$  شمال

أى أن الاتساع العرضى  $25^\circ$  . (  $25 \div 6 = 4$  تقريبا )

العرض الرئيسى الأول  $40 + 4 = 44^\circ$  شمال

والثانى  $65 - 4 = 61^\circ$  د

ويمكن اختيار العرضين  $45^\circ$  ،  $60^\circ$  كعرضين رئيسيين دون أن يؤثر ذلك على المقياس على الخريطة .

٤ - المساقط المخروطية متساوية المساحات

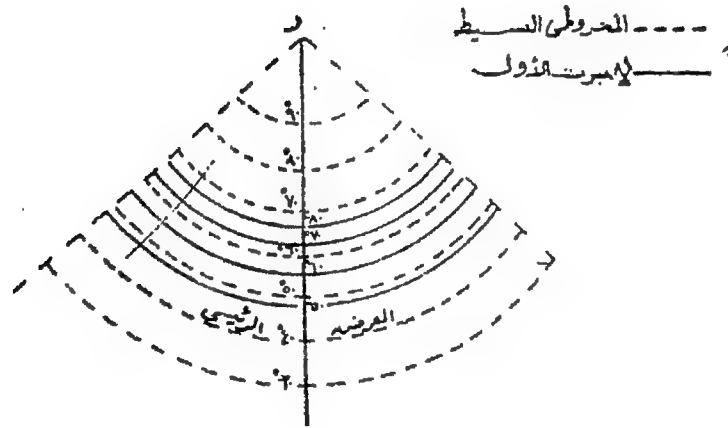
المساقط المخروطية الثلاثة السابقة تعطى مساحات على سطح الخريطة أكبر من المساحات المناظرة على سطح الأرض .

ولإنشاء مسقط مخروطي متساوي المساحات يتبع إحدى الطرق الثلاثة الآتية :

### الطريقة الأولى

نبدأ بمخروط القياس الذي يحدد قيمة زاوية الرأس كما يحدد قيمة نصف قطر دائرة العرض الرئيسى .

ثم تعدل المسافات بين أفلاك العرض وتصبح غير مساوية للمسافات الأصلية على سطح الأرض ولكن بحيث تكون المساحة على الخريطة مساوية للمساحة المناظرة على سطح الأرض .



شكل ٨٨

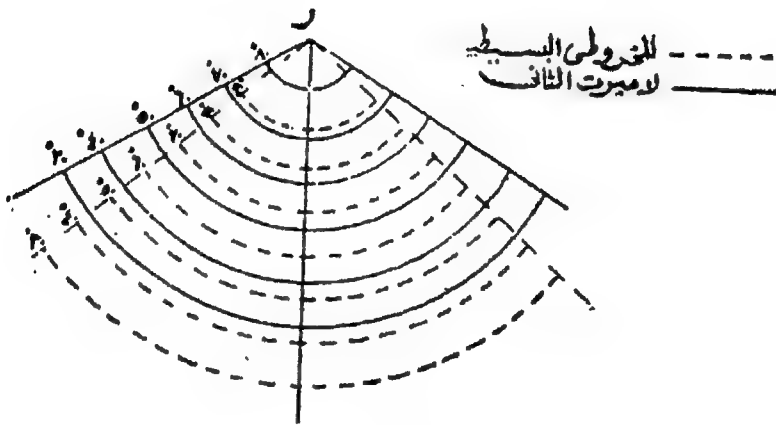
ويسمى المسقط الناتج بهذه الطريقة مسقط لامبرت المخروطى متساوى المساحات ( الحالة الأولى ) .

### الطريقة الثانية

يتم اختيار مخروط افتراضى مخالف للمخروطى القياس بحيث ينطبق طولاً

لقوس دائرة العرض الرئيسى مساوياً لنظيره على سطح الأرض وأيضاً تكون المساحة على المستطع للقطاع الدائرى الذى مركزه رأس المخروط وقوس دائرته هو العرض الرئيسى مساوية للمساحة على سطح الأرض للطاقيـة الكروية التى يحددها العرض الرئيسى . كما ترسم دوائر العرض الأخرى بحقة لحاصية المساحات المتساوية .

فى هذه الطريقة تكون زاوية رأس المخروط الافتراضى أكبر من زاوية رأس مخروط التماس ولكن يكون نصف قطر دائرة العرض الرئيسى فى المخروط الافتراضى أصغر من نصف قطر دائرة العرض الرئيسى فى مخروط التماس .

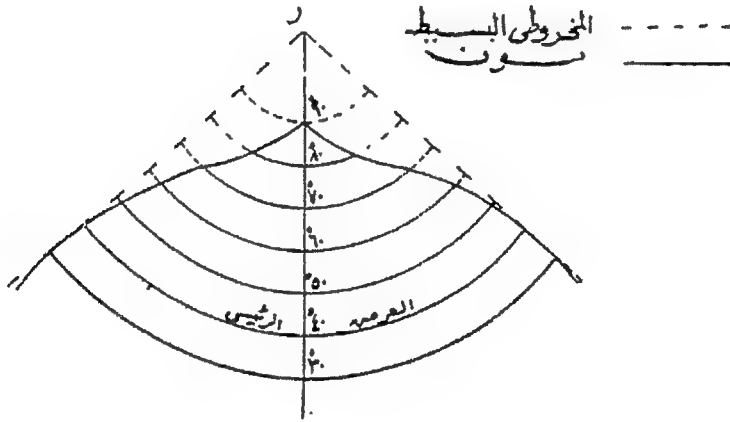


شكل ٨٩

ويسمى المستطع الناتج بهذه الطريقة مستطع لامبرت المخروطى متساوى المساحات ( الحالة الثانية )

### الطريقة الثالثة

في هذه الطريقة تتم الخطوات المتبعة في رسم المسقط المخروطي البسيط والحاجة بتحديد نية أنصاف أقطار دوائر العرض ثم تعديل أطوال أقواس دوائر العرض حتى تصبح مساوية لأطوالها الحقيقية على سطح الأرض وبذلك تكون المساحة على المسقط مساوية للمساحة المناظرة على سطح الأرض .



شكل ٩٠

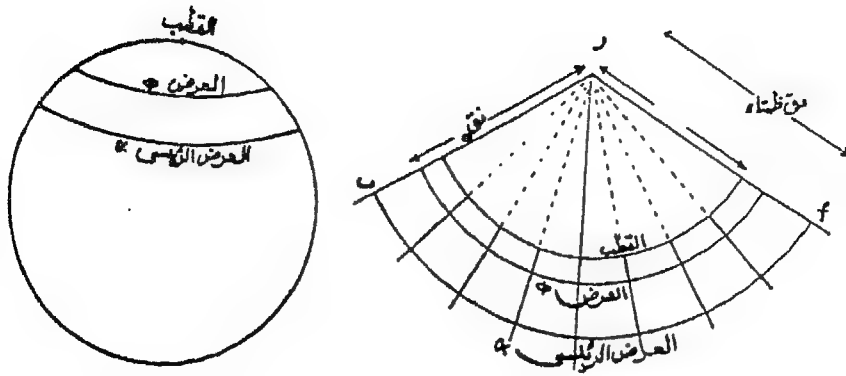
ويسمى المسقط الناتج بهذه الطريقة مسقط بون

٥ - مسقط لامبرت المخروطي متساوي المساحات

( الحالة الأولى )

### طريقة الإنشاء

- ١ - نرسم خطاً رأسياً يمثل خط الطول الأوسط ، ونأخذ عليه نقطة ر تمثل رأس المخروط .



شكل ٩١

٢ - ترسم ضلعى الزاوية  $\theta$  بحيث ينصفها خط الطول الأوسط .  
والزاوية  $\theta$  تمثل عدد الدرجات الطولية المطلوب رسمها

$$\theta = ٣٦٠^\circ \text{ حـ } \alpha \quad \text{إذا كان المسقط يمثل } ٣٦٠^\circ \text{ طوليه .}$$

$$\theta = \lambda \text{ حـ } \alpha \quad \text{إذا } \lambda \text{ طوليه .}$$

٣ - ترسم دائرة العرض الرئيسى  $\alpha$  من المركز ر بنصف قطر يساوى  
نقطة  $\alpha$  ليقابل ضلعى الزاوية  $\theta$  فى المنطقتين ب ، ب .

٤ - يقسم القوس ا ب إلى عدد من الأقسام المتساوية ونصل بين نقط  
التقسيم والنقطة ر نحصل على خطوط الطول .

٥ - ترسم أقواس دوائر العرض الأخرى من المركز ر بحيث تكون  
المساحة على المسقط مساوية للمساحة المناظرة على سطح الأرض . يتم إيجاد  
نصف قطر دائرة العرض  $\phi$  كما يلى :

(١) مساحة القطاع الدائري الذي مركزه ر وقوسه يمثل العرض الرئيسي

$$= \frac{\tau}{180} \times \theta \times \left( \text{نق ظنا } \alpha \right)^2$$

(ب) مساحة القطاع الدائري الذي مركزه ر وقوسه يمثل العرض  $\phi$

$$\text{وقيعة نصف قطره نق } \phi = \frac{\tau}{180} \times \theta \times \left( \text{نق } \phi \right)^2$$

(ج) المساحة المحصورة بين القطاعين

$$= \frac{\tau}{180} \times \theta \times \left( \text{نق } \phi^2 - \text{نق } \alpha^2 \right)$$

(د) المساحة المناظرة على سطح الأرض =  $\tau$  ط نق  $\phi$  - جا  $\alpha$

(هـ) المساحة على المسقط تساوي المساحة على سطح الأرض

$$\theta \times \frac{\tau}{360} \times \left( \text{نق } \phi^2 - \text{نق } \alpha^2 \right) = \tau \text{ ط نق } \phi - \text{جا } \alpha$$

$$\text{نق } \phi^2 = \text{نق } \phi^2 - \text{نق } \alpha^2 + \frac{360}{\theta} \times \tau - \text{جا } \alpha$$

وبالتعويض عن  $\frac{\theta}{360}$  بقيمة ثابت المخروط = جا  $\alpha$

$$\text{نق } \phi^2 = \left( \frac{\phi}{\alpha} \text{ جا } \alpha - \tau + \alpha^2 \text{ ظنا } \alpha \right)^2$$

$$\text{نق} = \phi = \sqrt{\frac{\text{جا } \alpha}{\alpha} (2 - 2 + \alpha^2 \text{ ظنا})}$$

مثال:

مسقط لامبرت المخروطى متساوى المساحات ( الحالة الأولى ) بقياس  
١ : ٢٥ مليون وفيه العرض الرئيسى ٥٥° شمال ويمثل ٨٠° طوله

$$\text{نق} = ٢٥٠٤٨ \text{ سم}$$

$$\theta = ٨٠ \text{ جا } ٥٥ = ٦٥٥٢٢٠$$

$$\text{نق}_٥ = \text{نق ظنا } ٥٥ = ١٧٨٤١٢ \text{ سم}$$

$$\text{نق}_٦ = ٢٥٠٤٨ = \sqrt{\frac{\text{جا } ٦٠}{٥٥} (2 - 2 + ٥٥^2 \text{ ظنا})}$$

$$= ١٥٠٦٢٠٩ \text{ سم}$$

$$\text{نق}_٧ = ٢٥٠٤٨ = \sqrt{\frac{\text{جا } ٦٥}{٥٥} (2 - 2 + ٥٥^2 \text{ ظنا})}$$

$$= ١٣٠٤٢٢٢ \text{ سم}$$

$$\text{نق}_٨ = ٢٥٠٤٨ = \sqrt{\frac{\text{جا } ٥٠}{٥٥} (2 - 2 + ٥٥^2 \text{ ظنا})}$$

$$= ٢٠٠٠٦٢٢ \text{ سم}$$

$$\frac{45}{55} \text{ حـ} \sqrt{25048} = \text{نق.}$$

$$3-222692 =$$

٦ - مسقط لامبرت المخروطى مساوى المساحات

( الحالة الثانية )

يعالج هذا المسقط الهندسية الواضح في الحالة الأولى والذي يتزايد في خطوط العرض عند ابتعادها عن العرض الرئيسى حتى تظهر نقطة القطب على شكل قوس دائرة .

في هذا المسقط تؤخذ نقطة رأس المخروط لتمثل نقطة القطب ويتم اختيار مخروط يحقق الشرطين الآتيين :

١ - طول القوس الذى يمثل دائرة العرض الرئيسى يساوى طول هذه الدائرة على سطح الأرض .

ب - المساحة على المسقط من رأس المخروط لى قوس دائرة العرض الرئيسى تساوى المساحة على سطح الأرض بين دائرة العرض الرئيسى والقطب .

هذان الشرطان يعطيان خصائص المخروط المطلوب

فإذا كانت زاوية الرأس  $\alpha$  ونصف قطر القوس المرسوم به دائرة العرض الرئيسى  $\rho$

يكون طول القوس الذي يمثل دائرة العرض الرئيسى على المسقط مساويا لمحيط دائرة العرض الرئيسى على سطح الارض

$$2\pi R \cos \alpha = \frac{\pi}{180} \times 360 \times \sin \alpha$$

$$(1) \quad \frac{360}{\theta} \times 2\pi \cos \alpha = \pi \sin \alpha$$

وتكون المساحة من رأس المخروط الى قوس دائرة العرض الرئيسى على المسقط مساوية للمساحة المناظرة على سطح الارض

$$\frac{\pi}{180} \times 360 \times \sin \alpha \times \cos \alpha = \frac{\pi}{180} \times 360 \times \sin \alpha \times \cos \alpha$$

$$(2) \quad \frac{360}{\theta} \times 2\pi \cos \alpha \times \sin \alpha = \pi \sin \alpha \times \cos \alpha$$

لإختصار المعادلتين (1)، (2) نتخذ الرمز  $x = 90^\circ - \alpha$  وتسمى زاوية  $x$  متمم العرض .

تصبح المعادلة (1)

$$\frac{360}{\theta} \times 2\pi \cos x = \pi \sin x$$

$$(3) \quad \frac{x}{2} \times \frac{x}{2} \times \frac{360}{\theta} = \frac{x}{2} \times \frac{x}{2}$$

وتصبح المعادلة (٢)

$$\sin^2 \alpha = 2 \times \frac{260}{\theta} \sin^2 (\alpha - 1) \quad (3)$$

$$(4) \quad \frac{x}{2} \sin^2 \alpha \times 2 \times \frac{260}{\theta} \times 2 =$$

وبقسمة المعادلة (٤) على المعادلة (٣) ينتج

$$(5) \quad \frac{x}{2} \sin^2 \alpha = \sin^2 \alpha$$

$$(6) \quad \frac{x}{2} \sin^2 \alpha = \frac{\phi}{260} = \text{ثابت الخروط}$$

ولإيجاد نصف قطر دائرة العرض  $\phi$  نطبق شرط تساوى المساحات

$$\frac{1}{2} \sin^2 \phi \times \theta \times \frac{\pi}{180} = 2 \sin^2 (\alpha - 1) \quad (7)$$

وباستخدام الزمرد  $\psi = 90^\circ - \phi$  أى أن  $\psi$  تنم  $\phi$  نجد أن

$$\frac{\psi}{2} \sin^2 \alpha \times \frac{260}{\theta} = \sin^2 \phi$$

$$= \frac{\frac{\psi}{2} \text{ حـ}^2}{\frac{\psi}{2} \text{ جـ}^2} \text{ نق}^2$$

$$\text{ومنـها نق}^4 = 2 \text{ نق حـ} \frac{\psi}{2} \text{ قـ} \frac{x}{2}$$

طريقة الإنشاء

مماثلة تماما لباقي المـانـطـة المخروطية

مثال

مسقط لامبرت المخروطى متساوى المساحات ( الحالة الثانية ) بقياس  
١ : ١٢٥ مليون وفيه العرض الرئيسى ٤٨° شمال والإتساع الطولى  
للمسقط ١٤٠°

$$\text{نق} = ٥٠٠٩٦ \text{ سم}$$

$$\text{متـم العرض الرئيسى} = ٤٢^\circ$$

$$\text{ثابت المخروط} = \frac{٤٢}{2} \text{ جـ}^2 = ٠.٨٧١٥٧$$

$$\text{زاوية الرأس} = ١٤٠ \times ٠.٨٧١٥٧ = ١٢٢.٠٢٠^\circ$$

$$\text{نق}^4 = 2 \text{ نق ظا} \frac{٤٢}{2} = ٣٩١٢٣٤ \text{ سم}$$

$$\text{نق}^4 = 2 \text{ نق حـ} \frac{٤٦}{2} \text{ قـ} \frac{٤٢}{2} = ٤٢٦٥٦٥ \text{ سم}$$

$$\text{نق } ٥٢ = ٢ \text{ نق حـا } \frac{٢٨}{٢} \text{ قـا } \frac{٤٢}{٢} = ٣٥٠٥٤٢٦ - \text{م}$$

#### ٧ - مسقط بون المخروطى متساوى المساحات

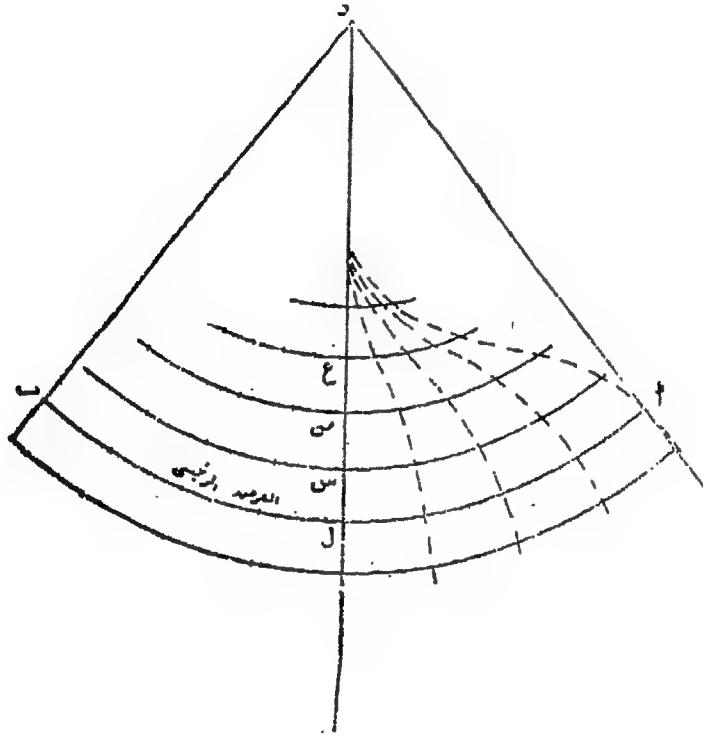
يشبه هذا المسقط فى طريقة إنشائه المسقط المخروطى البسيط ، فيما عدا أن الأقواس التى تمثل خطوط العرض لا تمتد بين ضلعى الزاوية المحددة للمسقط ، ولكن كل قوس على حدة يساوى فى طوله طول دائرة العرض المناظرة له على سطح الأرض . بهذا تكون المساحات على المسقط مساوية للمساحات على سطح الأرض.

إذا تتبعنا أحد خطى الطول المحددين للمسقط وهو الخط الذى يصل بين نقطتى نهايات أقواس دوائر العرض نجد أن شكله يكون منحنياً . ولذا تأخذ باقى خطوط الطول أشكالاً منحنية مشابهة .

يستخدم هذا المسقط فى خرائط الأطلس وخرائط الحائط لتمثيل أوروبا ، آسيا ، أمريكا الشمالية وأستراليا . كما يستخدم لتمثيل مناطق كبيرة متوالية الموقع بين القطب والاصتواء مثل الاتحاد السوفيتى .

يعطى مسقط بون صورة تشبه خطوط الطول والعرض أقرب إلى الحقيقة . من مسقطى لامبرت المخروطيين اللذين يظهران خطوط الطول على هيئة خطوط مستقيمة مع أن شكلها الحقيقى على الأرض يكون مستديراً .

طريقة الإنشاء



شكل ٩٢

١ - يرسم خطا رأسيا يمثل خط الطول الأوسط وتأخذ عليه نقطة ر تمثل رأس المخروط .

٢ - يرسم ضلعي الزاوية  $\theta$  بحيث ينصفها خط الطول الأوسط .

والزاوية  $\theta$  تمثل عدد الدرجات الطولية (  $\lambda$  ) المطلوب تمثيلها

$\theta = \lambda$  حـا  $\alpha$  حيث  $\alpha$  هو المعرض الرئيسي

٢ - ترسم دائرة العرض الرئيسى  $\alpha$  من المركز  $R$  بنصف قطر يساوى تق طنا  $\alpha$  يقابل ضلعى الزاوية  $\theta$  فى  $\alpha$ ، ب .

٤ - يقسم القوس  $\alpha$  إلى عدد من الأقسام المتساوية .

وتمثل نقط التجميع تقاطعات خطوط الطول مع دائرة العرض الرئيسى .

٥ - من نقطة تقاطع خط الطول الأوسط مع دائرة العرض الرئيسى ( ل ) نأخذ المسافات ل س ، ل ص ، ل ع ، ... تساوى الأبعاد الحقيقية على سطح الأرض المكروى بين دوائر العرض المختلفة ودائرة العرض الرئيسى .

ومن المركز  $R$  وبأنصاف أقطار مساوى رس ، ر ص ، ر ع ، ... ترسم أقواس دوائر العرض .

٦ - نحدد نهائى كل قوس من دوائر العرض بحيث يكون طول القوس مساويا للطول الحقيق لهذه الدائرة على سطح الأرض .

يتم هذا التحديد من العلاقة الرياضية السابق ذكرها كما يلى :

طول القوس على المسقط = الطول المناظر على سطح الأرض .

الزاوية عند مركز القوس  $\times$  نصف القطر على المسقط

= الزاوية  $\times$  نصف القطر على الأرض

$$\phi^0 \times \text{تق جتا } \phi = \lambda \times \text{تق جتا } \phi$$

$$\frac{\lambda \times \text{تق جتا } \phi}{\text{تق جتا } \phi} = \phi^0$$

٧ - يقسم كل قوس يمثل دائرة عرص على حدة أقساماً مساوية .

٨ - نصل نقاط التقسيم المتناظرة فنحصل على خط الطول .

مثال

مسقط برن : بقياس ١ : ٧١ مليون وفيه العرض الرئيسي ٤٠° شمال  
والإتساع الطولي للمسقط ١٦٠°

$$\psi = ٨٤٩٢٢٢٣ \text{ سم}$$

$$\psi_{٤٥} = \psi \text{ حنا } ٤٥ = ٨٤٩٢٢٢٣ \text{ سم}$$

$$٤٥٥ = ١٦٠ \text{ حا } ٤٥ = ١١٣١٢٧$$

$$٣^\circ \text{ عرضية على سطح الارض} = \psi \times \frac{\pi}{١٨٠} \times ٣ = ٤٤٤٧١ \text{ سم}$$

$$\psi_{٤٢} = ٨٤٩٢٢٢٣ + ٤٤٤٧١ = ٨٩٣٨٠٤ \text{ سم}$$

$$\psi_{٤٢} = \frac{١٦٠ \text{ حنا } ٤٢}{٨٩٣٨٠٤} = ١١٢٩٨٧$$

$$\psi_{٣٩} = ٨٩٣٨٠٤ + ٤٤٤٧١ = ٩٣٨٢٧٥ \text{ سم}$$

$$\psi_{٣٩} = \frac{١٦٠ \text{ حنا } ٣٩}{٩٣٨٢٧٥} = ١١٢٥٥٦$$

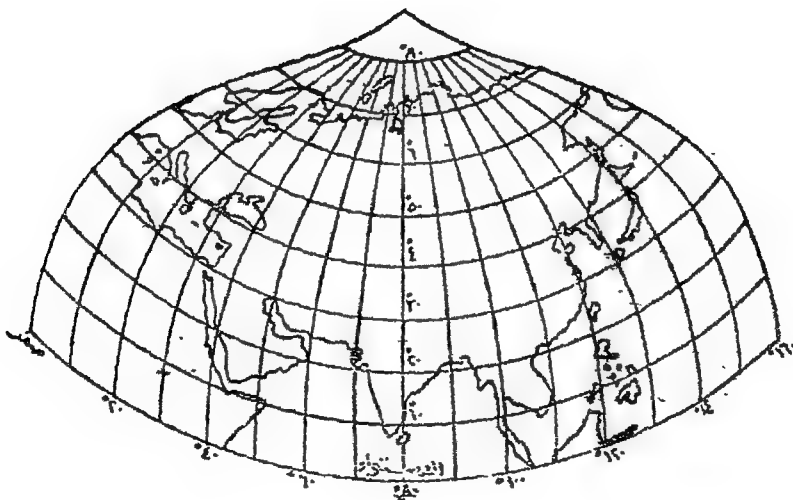
$$\text{ن} ٤٨ = ٨٤٥٩٣٣٣ - ٤٢٤٤٧١ = ٨٠٥٤٨٦٢$$

$$\text{ن} ٤٨^{\circ} = \frac{١٦٠ \times \text{ن} ٤٨ \text{ حقا}}{٨٠٥٤٨٦٢} = ١١٢٥٩٧٦$$

$$\text{ن} ٥١ = ٨٠٥٤٨٦٢ - ٤٢٤٤٧١ = ٣٨١٠٣٩١$$

$$\text{ن} ٥١^{\circ} = \frac{١٦٠ \times \text{ن} ٥١ \text{ حقا}}{٣٨١٠٣٩١} = ١١٢٥٤٦٩$$

ر



شكل ٩٣

قارة آسيا على مسقط يرون . العرض الرئيسي ٤٠° شمال

٨ — المسقط المخروطي متساوي المساحات بعرضين رئيسيين

أو

مسقط السبر

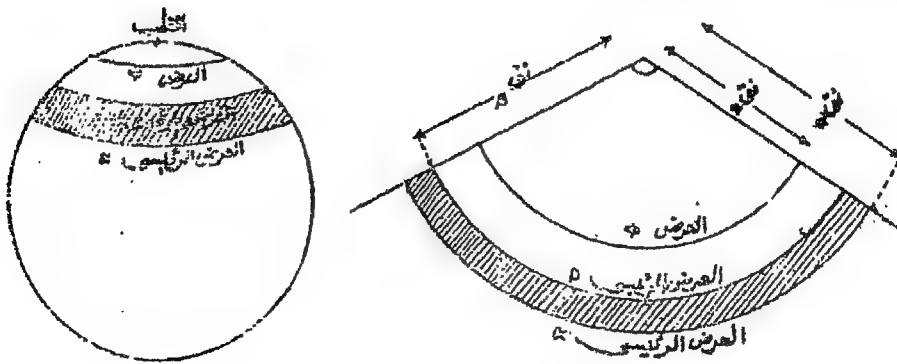
كما يتبين من اسم المسقط، يتم رسمه بطريقة مشابهة للمسقط المخروطي بعرضين رئيسيين. ويعتمد المسقط على مخروط افتراضي يحقق الشرطين الآتين:

أولاً: قوسان من دوائر العرض المرسومة من رأس المخروط كمركز، يساويان في طوليها دائرتين من دوائر العرض مثل  $\alpha$  ،  $\beta$ .

ثانياً: المساحة على المسقط المحصورة بين هذين القوسين تساوي مساحة المنطقة على سطح الأرض بين دائرتي العرض  $\alpha$  ،  $\beta$ .

في هذا المسقط وكذلك في المسقط المخروطي بعرضين رئيسيين يظهر القطب على شكل قوس من دائرة العرض.

الخصائص الهندسية للمسقط



شكل ٩٤

نفرض أن نصف قطر قوس دائرة العرض الرئيسي  $\alpha$  على المسقط هو  $r$

ونفرض أن نصف قطر قوس دائرة العرض الرئيسى  $\beta$  على الما ققط = تق  $\beta$

ونفرض أن زاوية رأس المخروط الذى يحقق المسقط  $\theta =$

طول القوس الأول على المسقط = طول محيط دائرة العرض  $\alpha$  على سطح الأرض

$$\tau = \text{تق } \alpha \times \frac{\tau}{180} \times \theta$$

$$(1) \quad \text{تق } \alpha \times \frac{360}{\theta} = \tau$$

$$(2) \quad \text{وبالمثل} \quad \text{تق } \beta \times \frac{360}{\theta} = \tau$$

وأيضاً المساحة على المسقط بين القوسين  $\alpha$  ،  $\beta$  = المساحة المناظرة على سطح الأرض

$$(3) \quad \tau = \frac{\tau}{180} \times \theta \times \frac{1}{2} (\text{تق } \alpha^2 - \text{تق } \beta^2)$$

نعمض عن تق  $\alpha$  ، تق  $\beta$  فى المعادلة (٣) بما يساويها من المعادلتين (١)، (٢) ويتج أن

$$\tau = \frac{360}{\theta} (\text{تق } \alpha^2 - \text{تق } \beta^2)$$

$$\frac{\text{تق } \alpha^2 - \text{تق } \beta^2}{(\alpha^2 - \beta^2)} = \theta = \text{ثابت المخروطى} = \frac{\theta}{360}$$

$$\frac{\alpha^2 \text{جا} - \beta^2 \text{جا}}{(\alpha \text{جا} - \beta \text{جا})^2} =$$

$$\frac{\alpha \text{جا} + \beta \text{جا}}{2} = \text{ث}$$

وبالرجوع الى المعادلتين (١) ، (٢) نجد أن

$$\frac{\text{نق جتا } \alpha}{\text{ث}} = \text{نق } \alpha$$

$$\frac{\text{نق جتا } \beta}{\text{ث}} = \text{نق } \beta$$

ومن العلاقات الثلاثة السابقة يمكن رسم منحروط المسقط وكذلك أقواس دائرة العرض الرئيسيين ..

ولرسم أقواس دوائر العرض الأخرى نرمز لنصف قطر دائرة العرض  $\phi$  بالرمز نق  $\phi$

وتكون المساحة على المسقط بين قوسى دائرتى العرض  $\phi$  ،  $\beta$  (مثلا) مساوية للمساحة المناظرة على سطح الأرض . أى أن

$$\frac{\text{ط}}{180} \times \phi \times \frac{1}{2} = 2 \text{ ط نق } (\text{جا } \phi - \text{جا } \beta)$$

$$\text{نق } \beta - \text{نق } \phi = \frac{2 \text{ نق}}{\text{ث}} (\text{جا } \phi - \text{جا } \beta)$$

$$\text{نق } \phi = \sqrt{\text{نق } \beta - \frac{2 \text{ نق}}{\text{ث}} (\text{جا } \phi - \text{جا } \beta)}$$

### طريقة الإنشاء

يرسم المسقط المخروطى متساوى المساحات بعرضين رئيسيين بنفس الطريقة  
المنبئة في رسم المسائط المخروطية .

مثال: مسقط البرز بعرضين رئيسيين  $55^\circ$  و  $70^\circ$  شمال بمقياس  
١ : ١٠ مليون - أى ١٠٠ درجة طولية

$$\text{نق} = 6370 \text{ سم}$$

$$\text{ثابت المخروط ث} = \frac{\text{جا } 55^\circ + \text{جا } 70^\circ}{2} = 0.87942$$

$$\text{قيمة زاوية الرأس} = 100 \times \text{ث} = 87.942^\circ$$

$$\text{نصف قطر قوس دائرة العرض } 55^\circ = \frac{\text{نق جتا } 55^\circ}{\text{ث}} = 41046 \text{ سم}$$

$$\text{نصف قطر قوس دائرة العرض } 70^\circ = \frac{\text{نق جتا } 70^\circ}{\text{ث}} = 240774 \text{ سم}$$

نصف قطر قوس دائرة العرض  $75^\circ$

$$\sqrt{= \frac{(6370)^2}{0.87942} - (240774)^2} = 19279 \text{ سم}$$

وبالمثل نصف قطر قوس دائرة العرض  $60^\circ = 3,362,300$  م

د د د د د د  $60^\circ = 3,596,600$  م

٩ - المسقط المخروطي التشابهي

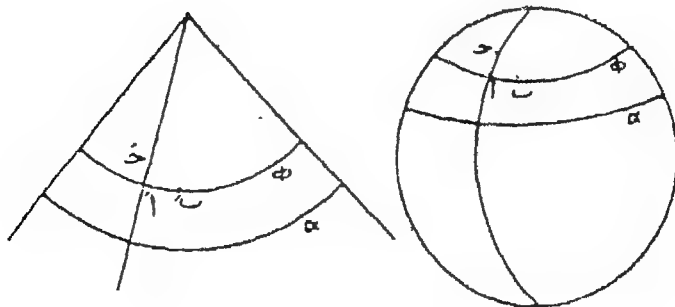
أو

مسقط لامبرت المخروطي التشابهي

خاصية التشابه في هذا المسقط تحقق التعامد بين خطوط الطول ودوائر العرض كما تعطى تناسبا في الأبعاد المرسومة على المسقط مع نظيراتها على سطح الأرض.

في هذا المسقط يرسم مخروط تماما لمخروط التماس أي أن زاوية رأس المخروط  $\theta = 360^\circ$  حيث  $\alpha$  هو العرض الرئيسي

ويكون نصف القطر على المسقط لقوس دائرة العرض الرئيسي  $\alpha$  في حالة مخروط التماس .



شكل ٩٥

وترسم أقواس دوائر العرض بحيث تكون مراكزها عند رأس المخروط  
وبحيث تحقق خاصية التشابه - أى بحيث تغطى تناسباً في الأبعاد

نفرض أن  $a, b$  نقطتان على دائرة العرض  $\phi$  على سطح الأرض وتبعدان  
عن بعضهما بزاوية طول صغيرة مقدارها  $\Delta \lambda$ .

نفرض نقطة  $c$  على خط طول  $\lambda$  وتبعد عن  $a$  بزاوية عرض صغيرة  
مقدارها  $\Delta \phi$ .

ونفرض أن  $a', b', c'$  هي مساقط النقط  $a, b, c$  على

ونفرض أن قيمة نصف قطر دائرة العرض  $\phi$  على المسقط  $= r$

$$ab = r \sin \phi \cdot \Delta \lambda$$

$$ac = r \sin \phi \cdot \Delta \lambda$$

$$a'b' = r' \sin \phi' \cdot \Delta \lambda$$

$$a'b' = r' \sin \phi' \cdot \Delta \lambda$$

$$\Delta \theta = \Delta \alpha \cdot \lambda$$

للتشابه بين الخريطة و سطح الأرض يكون

$$\frac{a'b'}{ab} = \frac{r'}{r}$$

$$\frac{\theta \Delta \cdot \text{س}}{\lambda \Delta \cdot \phi \text{ جتا}} = \frac{\text{س} \Delta -}{\phi \Delta \text{ نق}}$$

وبالتعويض عن  $\theta \Delta = \lambda \Delta \alpha \text{ حا}$  ينتج أن

$$\phi \Delta \cdot \phi \text{ قا} \alpha \text{ حا} = \frac{\phi \Delta \cdot \phi \text{ حا}}{\phi \text{ جتا}} = \frac{\text{س} \Delta -}{\text{س}}$$

$$\phi \text{ س} \phi \text{ قا} \left[ \alpha \text{ حا} - \frac{\text{س} \phi \text{ نق}}{\text{س}} \right] \text{ رباجراء التكامل}$$

$$\phi \left[ \frac{\phi}{\alpha} + 10 \right] \alpha \text{ حا} = \left[ \text{لو س} \right] \phi \text{ نق}$$

$$\alpha \text{ حا} - \frac{\phi}{\left[ \frac{(\frac{\phi}{\alpha} + 10) \cdot \phi}{(\frac{\alpha}{\alpha} + 10) \cdot \phi} \right]} = \frac{\phi \text{ نق}}{\alpha \text{ نق}}$$

$$\alpha \text{ حا} - \frac{\phi}{\left[ \frac{(\frac{\phi}{\alpha} + 10) \cdot \phi}{(\frac{\alpha}{\alpha} + 10) \cdot \phi} \right]} \alpha \text{ نق} = \phi \text{ نق}$$

$$\alpha \text{ جا } \left[ \frac{\left( \frac{\alpha}{\gamma} + ٤٥ \right) \text{ ظا}}{\frac{\phi}{\left( \frac{\gamma}{\gamma} + ٤٥ \right) \text{ ظا}}} \right] \text{ نق } \alpha = \text{ نق } \phi$$

ومن هذه العلاقة تحدد قيم الانصاف اقطار أفواس دوائر العرض

مثال: مسقط مخروطي تشابهي بمقياس ١ : ٧ مليون ، فيه العرض الرئيسي ٤٠° شمال والاتساع الطولي ٨٠ درجة .

$$\text{نق} = ٨٤٩٣٢٢٢ \text{ سم}$$

$$\text{زاوية رأس المخروط } \theta = ٨٠ \times \text{جا } ٤٠ = ٥١٤٢٣^\circ$$

$$\text{نق.} \phi = \text{نق ظا } ٤٠ = ١٠١٢١٩٦ \text{ سم}$$

$$\text{نق.} \phi = \text{نق.} \alpha = ١٠٨٢٦٤١ \text{ سم} = \left[ \frac{\left( \frac{\alpha}{\gamma} + ٤٥ \right) \text{ ظا}}{\frac{٢٥}{\left( \frac{\gamma}{\gamma} + ٤٥ \right) \text{ ظا}}} \right] \text{ جا } ٤٠$$

$$\text{نق.} \phi = \text{نق.} \alpha = ٩٣٧٩٨٢ \text{ سم} = \left[ \frac{\left( \frac{\alpha}{\gamma} + ٤٥ \right) \text{ ظا}}{\frac{٤٥}{\left( \frac{\gamma}{\gamma} + ٤٥ \right) \text{ ظا}}} \right] \text{ جا } ٤٠$$

$$\text{نق.} = \text{نق.} = \left[ \frac{\left( \frac{40}{2} + 45 \right) \text{ ظا}}{50} \right] \text{ ح.} = 86.3170 \text{ سم}$$

### تحويل العلاقات في الم-نقط

يمكن باستخدام متجهات زوايا العرض الوصول الى صورة مبسطة للعلاقة التي تعطى قيمة نصف القطر  $\text{نق.}$

$$x - 90 = \alpha \quad \text{أى} \quad \alpha \text{ تمام العرض}$$

$$\psi - 90 = \phi \quad \text{أى} \quad \phi \text{ د د}$$

$$\alpha \text{ ح.} = \left[ \frac{\left( \frac{x - 90}{2} + 45 \right) \text{ ظا}}{\left( \frac{\psi - 90}{2} + 45 \right) \text{ ظا}} \right] \text{ نق.} = \text{نق.}$$

$$\alpha \text{ ح.} = \left[ \frac{\left( \frac{x}{2} - 90 \right) \text{ ظا}}{\left( \frac{\psi}{2} - 90 \right) \text{ ظا}} \right] \text{ نق.} =$$

$$\alpha \text{ ح.} = \left[ \frac{\frac{\psi}{2} \text{ ظا}}{\frac{x}{2} \text{ ظا}} \right] \text{ نق.} = \text{نق.}$$

١. — المسقط المخروطى النشاهى بعرضين رئيسيين

هذا المسقط يماثل المسقط المخروطى النشاهى بعرض رئيسى واحد وذلك فى طريقة الإنشاء .

فى المسقط المخروطى النشاهى بعرض رئيسى واحد يكون طول قوس العرض الرئيسى على الخريطة مساويا لنظيره على سطح الأرض . أما باقى أقواس دوائر العرض المرسومة على الخريطة فتكون أطول من نظيراتها على سطح الأرض وهذه الزيادة فى أطوال أقواس دوائر العرض تكون تقريبا متساوية كلما أبتعدنا عن العرض الرئيسى .

وعلى ذلك لو قمنا بتصغير مقياس رسم المسقط المخروطى بعرض رئيسى واحد بنسبة معينة أمكن الوصول الى عرضين أحدهما شمال العرض الرئيسى والآخر جفربه ، يكونان مساويان فى طوليهما للعرضين المتناظرين على سطح الأرض . فى هذه الحالة تكون أطوال أقواس دوائر العرض المرسومة على الخريطة بين هذين العرضين أقصر من الأقواس المناظرة على سطح الأرض .

للتعرف على العلاقات التى تحدد شكل المسقط نبدأ بالعلاقات الخاصة بالمسقط المخروطى بعرض رئيسى واحد  $\alpha$  .

تكون زاوية الرأس  $\theta = \lambda$  حـ  $\alpha$

ويكون  $\alpha$  نق ظا  $\alpha$

$$\text{نق} \phi = \text{نق} \theta \quad \left[ \begin{array}{c} \text{ظا} \psi \\ \frac{2}{x} \\ \text{ظا} \end{array} \right] \quad \text{حيث} \quad \psi = 90 - \phi \quad \alpha = 90 - \alpha$$

نفرض أننا نقوم بتصغير مقياس الرسم بالمعامل  $k$  وبذلك نصل إلى عرضين  $\phi_1, \phi_2$  مسارين في طوائفها لنظيرهما على الأرض .

$$(1) \quad \left[ \frac{\frac{\phi_1}{2}}{\frac{x}{2}} \right] \alpha \text{ نق} = k \text{ نق} = \text{النقطة الجديدة}$$

$$\text{حيث } \phi_1 - 90 = \psi_1$$

$$(2) \quad \left[ \frac{\frac{\phi_2}{2}}{\frac{x}{2}} \right] \alpha \text{ نق} = k \text{ نق} = \text{النقطة الجديدة}$$

$$\text{حيث } \phi_2 - 90 = \psi_2$$

طول قوس دائرة عرض رئيسي على الخريطة = طول القوس المناظر على الأرض

$$\psi = \left[ \frac{\frac{\phi}{2}}{\frac{x}{2}} \right] \alpha \text{ نق} \times \frac{\pi}{180} \times \theta$$

$$(2) \quad \psi = \text{ط نق جا } \psi$$

$$\gamma = \left[ \frac{\frac{\psi}{2}}{\frac{\psi}{2}} \right] \quad \alpha \text{ جا} \quad \frac{\theta}{180} \times \text{ك} \text{ نق} \alpha$$

$$(4) \quad \gamma^- = \text{ك} \text{ نق} \alpha \text{ جا} \psi$$

$$\frac{\gamma^-}{\gamma} = \left[ \frac{\frac{\psi}{2}}{\frac{\psi}{2}} \right] \quad \alpha \text{ جا} \quad \frac{\theta}{180} \times \text{ك} \text{ نق} \alpha$$

وبالتعويض ينتج أن

$$\frac{\frac{\psi}{2} \text{ لو جا} - \frac{\psi}{2} \text{ لو ظا}}{\frac{\psi}{2} \text{ لو ظا} - \frac{\psi}{2} \text{ لو جا}} = \alpha \text{ جا}$$

ومن هذه العلاقة تتحدد قيمة زاوية الرأس ومنها أيضا تتحدد قيمة

$$\alpha \text{ نق} = \text{ك} \text{ ظا} \alpha$$

ومن المعادلة (٣) أو (٤) نحصل على قيمة المعامل ك وذلك بعد استبدال

$$\alpha \text{ جا} = \frac{\theta}{180} \quad (\text{ثابت المخروط})$$

$$\alpha \text{ حـا} \left[ \frac{\frac{1\psi}{2} \text{ ظا}}{\frac{x}{2} \text{ ظا}} \right] \alpha \text{ نق ظنا} \times \text{ك} \times \frac{\text{ط}}{180} \times \theta$$

$$2 \text{ ط نق حـا } 1\psi =$$

$$\alpha \text{ حـا} \left[ \frac{\frac{x}{2} \text{ ظا}}{\frac{1\psi}{2} \text{ ظا}} \right] \frac{1\psi \text{ حـا}}{x \text{ حـا}} = \text{ك}$$

$$\alpha \text{ حـا} \left[ \frac{\frac{x}{2} \text{ ظا}}{\frac{1\psi}{2} \text{ ظا}} \right] \frac{1\psi \text{ حـا}}{x \text{ حـا}} \text{ وتساوي أيضا}$$

ومن المعادلة (١) نحصل على

$$\frac{1\psi \text{ حـا}}{x \text{ حـا}} \cdot \alpha \text{ نق} = 1\psi \text{ نق}$$

$$\frac{1\psi \text{ حـا}}{x \text{ حـا}} \cdot \alpha \text{ نق} = 1\psi \text{ نق} \quad (2) \text{ ومن المعادلة}$$

ونحصل على نصف قطر قوس أى دائرة العرض  $\phi = \text{لـ نق} 1\psi$

$$= \text{نق } \alpha = \left[ \begin{array}{c} \frac{\psi}{2} \\ \frac{\psi}{2} \end{array} \right] \cdot \frac{\psi}{x} \cdot \alpha = \left[ \begin{array}{c} \frac{\psi}{2} \\ \frac{\psi}{2} \end{array} \right] \cdot \frac{\psi}{x} \cdot \alpha$$

$$= \text{نق } \alpha = \left[ \begin{array}{c} \frac{\psi}{2} \\ \frac{\psi}{2} \end{array} \right] \cdot \frac{\psi}{x} \cdot \alpha = \left[ \begin{array}{c} \frac{\psi}{2} \\ \frac{\psi}{2} \end{array} \right] \cdot \frac{\psi}{x} \cdot \alpha$$

مثال : مسقط مخروطي تشابهي بمرصين رئيسيين هما ٤٤ ، ٦٠° شمال  
قياس ١ : ١٠ مليون والاتساع الطولي ١٠٠°

$$\text{نق} = ٦٣٧٠ \text{ سم}$$

$$\text{ثابت المخروط ح } \alpha = \frac{\text{لو ح } ٤٦ - \text{لو ح } ٣٠}{\frac{\text{لو ظا } ٤٦}{2} - \frac{\text{لو ظا } ٣٠}{2}} = ٧٩٠٦١٣$$

$$\text{ومنها } \alpha = ٥٢٢٤٢٨$$

$$\text{زاوية رأس المخروط} = ١٠٠ \text{ ح } \alpha = ٧٩٠٦١٣$$

$$\text{ن } \alpha = \text{نق ظا } \alpha = ٤٩٣٢٤٥ \text{ سم}$$

$$\text{نق } \alpha = \frac{\text{ح } ٤٦}{\text{ح } ٣٧٧٥٧٢} \cdot \alpha = ٥٧٩٥٧٤ \text{ سم}$$

$$\text{سم } ٤٠٢٨٥١ = \frac{٣٠ \text{ ط}}{٣٧٧٧٥٧٢ \text{ ط}} \alpha \text{ ط} = ٦٠ \text{ ط}$$

$$\text{سم } ٥٣٥٢٧٨ = \alpha \text{ ط} \left[ \frac{\frac{٤٢ \text{ ط}}{٢}}{\frac{٤٦ \text{ ط}}{٢}} \right] ٤٤ \text{ ط} = ٤٨ \text{ ط}$$

$$\text{سم } ٤٩١١٩٩ = \alpha \text{ ط} \left[ \frac{\frac{٣٨ \text{ ط}}{٢}}{\frac{٤٦ \text{ ط}}{٢}} \right] ٤٤ \text{ ط} = ٥٢ \text{ ط}$$

$$\text{سم } ٤٤٧١٣٢ = \alpha \text{ ط} \left[ \frac{\frac{٣٤ \text{ ط}}{٢}}{\frac{٤٦ \text{ ط}}{٢}} \right] ٤٤ \text{ ط} = ٥٦ \text{ ط}$$

إنشاء المساقط المخروطية بالمقاييس الكبيرة

باستخدام الاحداثيات المتعامدة

في الأمثلة السابق حسابها في المساقط المخروطية لم تتجاوز أنصاف أقطار  
أقطار دوائر العرض طول المتر وذلك في المقاييس التي لا تزيد عن ١ : ١٠ مليون.

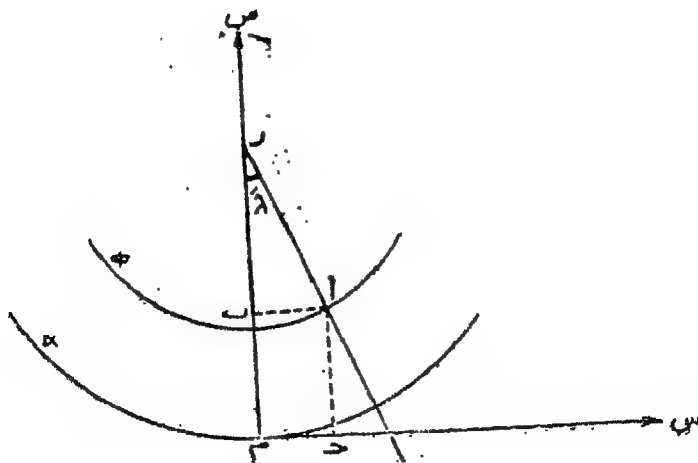
ولما كانت أدوات وأجهزة الرسم المتسادة تعجز عن رسم دوائر بأنصاف  
أقطار كبيرة في حالة المقاييس الكبيرة ، ولرسم مسقط مخروطي بمقياس كبير  
تستخدم طريقة التوقيع بالاحداثيات .

في تلك الحالة تعتبر أن سطح الخريطة لوحة مستوية بها محوران للاحداثيات  $x$  و  $y$  ونقوم بحساب احداثيات النقط التي تشكل الهيكل الجغرافي للنقط وهي نقط تقاطع خطوط الطول والعرض المطلوب بيانها على النقط. وفي النهاية نصل بين النقط المتناظرة على خطوط الطول والنقط المتناظرة على خطوط العرض فينتج الهيكل المطلوب.

إنشاء المسقط المخروطي البسيط

باستخدام الاحداثيات المتعامدة

نأخذ خط الطول الأوسط محورا للأحداث وتكون نقطة الأصل عند العرض الرئيسي  $\alpha$ . ونأخذ محور السينات عموديا على محور القوسات عند نقطة الأصل. النقطة  $a$  على المسقط تقع على العرض  $\phi$  وعلى خط الطول الذي يبعد عن الطول الأوسط بزاوية  $\lambda$  على سطح الأرض ويقابلها على سطح الخريطة الزاوية  $\lambda'$  حيث  $\lambda' = \lambda \cos \alpha$



شكل ٩٦

ونرمز إلى طول المسافة من رأس المخروط (ر) إلى العرض  $\phi$  بالرمز  $نق$

واضح أن الاحداث السيني (س) للنقطة ١ =  $\phi$  =  $نق$  حا  $\lambda$

والاحداثي الصادي (ص) للنقطة ١ =  $\phi$  =  $نق$  م -  $\phi$  ر

$$= نق \alpha - نق \phi جتا \lambda$$

$$ص = نق \phi جتا \lambda - نق \phi$$

مثال : مسقط مخروطي بسيط بقياس ١ : ٢ ملبون فيه العرض الرئيسي

٥٤° شمال والطول الأوسط ٤° غرب

$$\text{ثابت المخروط} = حا = ٥٤ = ٢ ٠٠٨٠٩$$

$$\text{نصف قطر دائرة العرض الرئيسي نق} = نق \phi = ٥٤ = ٢٣١٧٤٠٤$$

المسافة القوسية على سطح الأرض التي تقابل  $\phi$  عرضية

$$= نق \phi \times \frac{\pi}{180} = ٥٥٩$$

$$نق٢ = ٢٣١٧٩٦٣ = ٥٥٩ + ٢٣١٧٤٠٤$$

$$نق٢ = ٢٤٢٥٢٢ = ٥٥٩ + ٢٣٦٧٩٦٣$$

$$نق٠ = ٢٢٥٨٤٥ = ٥٥٩ - ٢٣١٧٤٠٤$$

$$\text{نق} = ٢٢٥٨٤٥ - ٥٥٥٩ = ٢٢٠٢٨٦$$

$$\text{الطول } ٣^\circ \text{ غ} = \lambda = ١ = \lambda \quad ٠.٨٠٩٠٢ = ٠.٨٠٩٠٢ \times ١ = \lambda$$

$$\text{الطول } ٢^\circ \text{ غ} = \lambda = ٢ = \lambda \quad ١.٦١٨٠٤ = ٠.٨٠٩٠٢ \times ٢ = \lambda$$

$$\text{الطول } ١^\circ \text{ غ} = \lambda = ٣ = \lambda \quad ٢.٤٢٧٠٦ = ٠.٨٠٩٠٢ \times ٣ = \lambda$$

$$\text{الطول صفر} = \lambda = ٤ = \lambda \quad ٣.٢٣٦٠٨ = ٠.٨٠٩٠٢ \times ٤ = \lambda$$

$$\text{الطول } ١^\circ \text{ ق} = \lambda = ٥ = \lambda \quad ٤.٠٤٥١٠ = ٠.٨٠٩٠٢ \times ٥ = \lambda$$

[إحداثيات النقطة (عرض  $٥٥^\circ$  شمال ، طول  $٢^\circ$  غرب )

$$\text{ص} = \text{نق} = ٠ \quad \text{ح} = ١.٦١٨٠٤ = ٢.٣٧٧ \text{ سم}$$

$$\text{ص} = \text{نق} = ١ - \text{نق} = ١.٦١٨٠٤ \quad \text{ح} = ٣.٩٨٩ = ٥.٦٤٩ \text{ سم}$$

[إحداثيات النقطة (عرض  $٥٢^\circ$  شمال ، طول جرينتش )

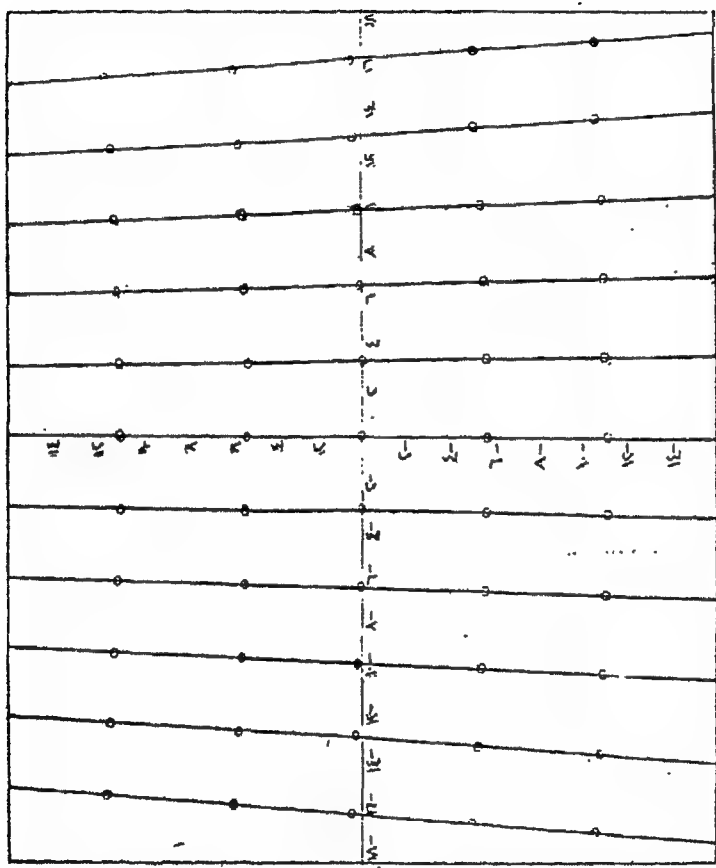
$$\text{ص} = \text{نق} = ٠ \quad \text{ح} = ٣.٢٣٦٠٨ = ١.٣٦٩٠ \text{ سم}$$

$$\text{ص} = \text{نق} = ١ - \text{نق} = ٣.٢٣٦٠٨ \quad \text{ح} = ١.٠٧٣١ = ١.٠٧٣١ \text{ سم}$$

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول المبين في صفحة ١٨٩

عربي	طول	٥٦	٥٥	٥٤	٥٣	٥٢	٥١
ق	١	٢٢١١٠ ١١١١٢٤	٢٢١٨٩ ٥٥٥٨٢	٢٢٢٦٧ ٠٠٠٢٢	٢٢٣٤٦ ٥٥٥٢٥	٢٢٤٢٤ ١١٢٠٩٨	٢٢٥٠٢ ١١٢٠٩٨
ق	٢	٦٢٢٠ ١١٢٢٠٦	٦٢٢٧٧ ٥٢٦٤٩	٦٢٣٤٤ ٠٠٠٩٢	٦٢٤٢١ ٥٢٦٥٠	٦٢٤٨٨ ١١٢٠٢١	٦٢٥٥٥ ١١٢٠٢١
ق	٣	٩٢٢٢٩ ١١٢٢٢١٢	٩٢٣٠٤ ٥٢٧٦٢	٩٢٣٧٩ ٠٠٢٠٨	٩٢٤٥٤ ٥٢٨٢٦	٩٢٥٣٠ ١٠٢٩٠٠	٩٢٦٠٥ ١٠٢٩٠٠
ق	٤	١٢٢٤٢٥ ١١٢٤٦٩	١٢٢٧٤٩ ٥٢٦١٩	١٢٣٠٣٢ ٠٢٦٩	١٢٣٣٢٧ ٥٢٦٨١	١٢٣٦٢٠ ١٠٢٧٢١	١٢٣٩٢٣ ١٠٢٧٢١
ق	٥	١٥٢٥٢٩ ١١٦٦٧	١٥٢٩٢١ ٦٢١٢٢	١٦٢٢٢٤ ٠٥٥٧٦	١٦٢٧١٦ ٤٢٦٦٩	١٧٢١٠٨ ١٠٢٥١٤	١٧٢٦٠٠ ١٠٢٥١٤

و تظهر نتيجة التوقيع في شكل ٩٧



ويلاحظ الآتي :

١ — الاحداثيات المبينة في القائمة خاصة بالنقط الواقعة للشرق من خط الطول الأوسط . ولما كان المسقط متماثلاً بالنسبة لخط الطول الأوسط لذلك ترسم النقط التي تمثل النصف الغربي للمسقط في نفس المواقع المتماثلة لنقط النصف الشرقي .

٢ — لتجنب استخدام احداثيات سالبة يمكن اتخاذ نقطة أصل غير النقطة الواقعة على دائرة العرض الرئيسي .

ونقطة الأصل الجديدة تقع على خط الطول الأوسط جنوب العرض الرئيسي بمسافة تكفي لجعل جميع الاحداثيات الصادية موجبة .

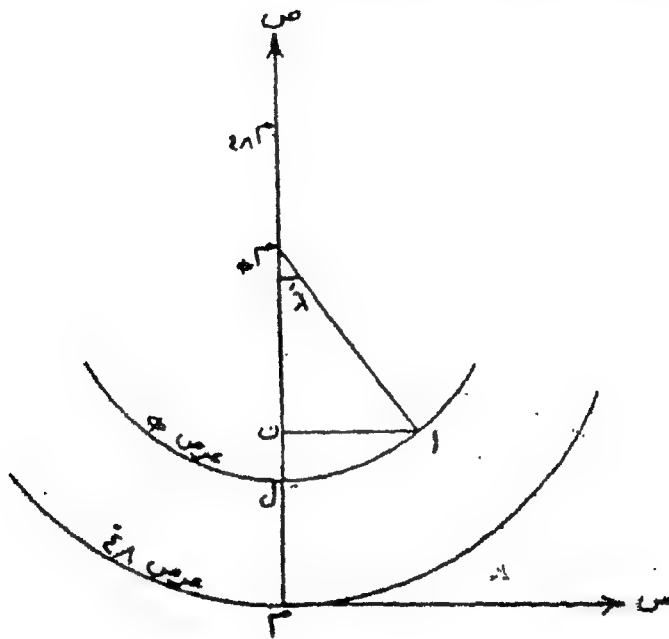
فمثلاً باختيار نقطة الأصل الجديدة على بعد ١٥ سم جنوب النقطة المستخدمة في المثال السابق تصبح جميع الاحداثيات الصادية موجبة مما يسهل عملية التوقيع .

في هذه الحالة تصبح احداثيات بعض النقط كالآتي :

عرض	طول					
	٥٦	٥٥	٥٤	٥٣	٥٢	
٢° غـ	٢٧١١٠	٢٧١٨٩	٢٧٢٦٧	٢٧٣٤٦	٢٧٤٢٤	س
ص	٢٦٧١٣٤	٢٠٧٥٨٢	١٥٧٠٢٣	٩٧٤٦٥	٣٧٩٠٦	ص

مثال:

مسقط متعدد المخاريط بمقاس ١ : ٢١ مليون بحده جنوبا خط العرض  
 ٤٨° شمال ويتوسطه خط الطول ٤٠° شرق



شكل ٩٨

نتخذ نقطة الاصل عند تقاطع دائرة العرض ٤٨° شمال مع الطول الأوسط  
 نفرض 'ا' نقطة على دائرة العرض  $\phi$  المرسومة من المركز  $\phi$  بنصف قطر =  $\text{نق} \cdot \phi$   
 ونفرض أن طول النقطة 'ا' يبعد عن الطول الأوسط بزاوية طول مقدارها  
 $\lambda^\circ$  يقابلها على المسقط الزاوية  $\lambda^\circ = \angle \text{ام} \text{ن}$ .

الاحداثى السيني (م) للنقطة 'ا' ينثله المستقيم 'ان' =  $\text{نق} \cdot \phi \cdot \cos \lambda^\circ$

الاحداثى الصادى (ص) للنقطة ١ يمثل المستقيم من  $M + L - \phi_M - \phi_N$   
 $=$  (المسافة القوسية على سطح الأرض بين العرض ٤٨ والعرض  $\phi$ ) +  
 نصف قطر دائرة العرض  $\phi - \phi_M - \phi_N$

$$= \frac{P}{180} \times (\phi - 48) \times \text{نق} + \text{نق} - \text{نق جتا } \lambda$$

$$= \frac{P}{180} \times (\phi - 48) \times \text{نق} + \text{نق} - (1 - \text{جتا } \lambda) \times \text{نق}$$

$$\text{نق} = 254780 \text{ سم}$$

$\lambda = \lambda \text{ حـ } \phi$				نق $\phi$ = نق ظلنا $\phi$	البعد عن العرض ٤٨ = $(\phi - 48) \times \frac{P}{180}$ نق $\times$	العرض $\phi$
°٨	°٦	°٤	°٢			
٥٢٩٤٥٢	٤٢٤٥٨٩	٣٢٩٧٢٦	٢٣٤٨٦٣	٢٢٩٢٤٢٣	صفر	°٤٨
٦١٢٨٤	٤٢٥٩٦٣	٣٢٠٦٤٢	٢٢٥٣٢١	٢١٣٢٨٠٣	٨٢٨٩٤٢	٥٠
٦٢٣٠٤١	٤٢٧٢٨٠	٣٢١٥٢٠	٢٢٥٧٦٠	١٩٩٢٠٧٢	١٧٢٧٨٨٤	٥٢
٦٢٤٧٢١	٤٢٨٥٤١	٣٢٢٣٦١	٢٢٦١٨٠	١٨٥٢١٢٣	٢٦٢٦٨٢٦	٥٤
٦٢٦٣٢٣	٤٢٩٧٤٢	٣٢٣١٦٢	٢٢٦٥٨١	١٧١٢٨٦٥	٣٥٢٥٧٦٨	٥٦

احداثيات النقطة (عرض ٥٠° شمال ، طول ٤٢° شرق)

$$\text{س} = \text{نق} \cdot \text{جا } ١٥٣٢١^\circ = ٥٧١٦ \text{ سم}$$

$$\text{ص} = ٨٢٨٩٤٢ + \text{نق} \cdot (1 - \text{جتا } ١٥٣٢١^\circ) = ٨٢٩٧١ \text{ سم}$$

احداثيات النقطة ( عرض ٥٤° شمال ، طول ٤٨° شرق )

$$\text{م} = \text{نق. جا } ٦٠٤٧٢١ = ٢٠٠٨٧٠ = \text{م}$$

$$\text{م} = ٢٦٠٦٨٢٦ + \text{نق. ( ١ - جتا } ٦٠٤٧٢١ ) = ٢٧٠٨٦٢ = \text{م}$$

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول الآتي

عرض		طول				
°٥٦	°٥٤	°٥٢	°٥٠	°٤٨		
٤٩٩٧٣	٥٠٢٢٧	٥٠٤٧٥	٥٠٧١٦	٥٠٩٥١	م	°٤٢
٣٥٠٦٤٩	٢٦٠٧٥٦	١٧٠٨٦٤	٨٠٩٧١	٠٠٠٧٧	ص	
١٠٩٩٤٢	١٠٩٤٥٠	١٠٩٩٤٦	١١٠٤٢٩	١١٠٨٩٨	م	°٤٤
٣٥٠٨٦٥	٢٦٠٩٧٨	١٨٠٠٩٠	٩٠٢٠٠	٠٠٣٠٩	ص	
١٤٣٩٠٢	١٥٠٦٦٥	١٦٠٤٠٩	١٧٠١٣٣	١٧٠٨٣٦	م	°٤٦
٣٦٠٢٢٤	٢٧٠٣٤٧	١٨٠٤٦٦	٩٠٥٨٢	٠٠٦٩٤	ص	
١٩٠٨٥٠	٢٠٠٨٧٠	٢١٠٨٥٩	٢٢٠٨٢٥	٢٣٠٧٦٣	م	°٤٨
٣٦٠٧٢٧	٢٧٠٨٦٢	١٨٠٩٩٢	١٠٠١١٦	١٠٢٤٤	ص	
٢٤٠٨٧١	٢٦٠٠٥٣	٢٧٠٢٩٣	٢٨٠٥٠٠	٢٩٠٦٧٤	م	°٥٠
٣٧٠٣٧٣	٢٨٠٥٢٥	١٩٠٦٦٨	١٠٠٨٠٢	١٠٩٢٧	ص	

مثال:

مسقط مخروطي بمرصين رئيسيين ٥٥° ، ٦١° شمال بمقياس ١ : ٣ مليون

فيه الطول الاسط ١٦٠° شرق

$$\text{نق} = ٢١٢٠٣٣٣٣ = \text{م}$$

$$\text{ثابت المخروط ث} = \frac{١٨٠}{\text{ط}} \times \frac{٦١ - ٥٥}{(٥٥ - ٦١)} = ٠.٨٤٧٦٦$$

$$\text{نق ح ٥٥} = \frac{\text{نق ح ٥٥}}{\text{ث}} = ١٤٣٦٧٧٢ \text{ سم}$$

المسافة القوسية التي تقابل  $٣^\circ$  عرضية على سطح الأرض

$$\text{ط} = \text{نق} \times \frac{\text{ط}}{١٨٠} \times ٣ = ١١٠١١٧٧ \text{ سم}$$

$$\text{نق ٢} = ١٥٤٧٩٤٩ = ١١٠١١٧٧ + ١٤٣٦٧٧٢ \text{ سم}$$

$$\text{نق ٤} = ١٢٢٥٥٩٥ = ١١٠١١٧٧ - ١٤٣٦٧٧٢ \text{ سم}$$

$$\text{نق ٦} = ١٢١٤٤١٨ = ١١٠١١٧٧ - ١٢٢٥٥٩٥ \text{ سم}$$

$$\text{نق ٨} = ١١٠٣٢٤١ = ١١٠١١٧٧ - ١٢١٤٤١٨ \text{ سم}$$

$$\text{الطول } ١٦٣^\circ \text{ ق} = \lambda = ٣ = \lambda' = ٢٥٤٢٩٨ \text{ سم}$$

$$\text{د } ١٦٦ \text{ ق} = \lambda = ٦ = \lambda' = ٢٠٨٥٩٦ \text{ سم}$$

$$\text{د } ١٦٩ \text{ ق} = \lambda = ٩ = \lambda' = ٧٦٢٨٩٤ \text{ سم}$$

$$\text{د } ١٧٢ \text{ ق} = \lambda = ١٢ = \lambda' = ١٠١٧١٩٢ \text{ سم}$$

نتخذ خط الطول الأوسط محورا للمصادات ونكون نقطة الأصل عند العرض الرئيسي  $٥٥^\circ$ . ونأخذ محورا للمصادات محوريا على محورا للمصادات عند نقطة الأصل

وتتكون من - تق. حا ٦٨

ص = تق. - تق. حتا ٦٨

احداثيات النقطة ( عرض ٥٢ ، طول ١٦٣ ق )

س = تق. جا ٢٥٤٢٩٨ = ٦٨٦٨ سم

ص = تق. - تق. جتا ٢٥٤٢٩٨ = ١٠٢٩٦٥ سم

احداثيات النقطة ( عرض ٦٤ ، طول ١٦٩ ق )

س = تق. جا ٧٦٢٨٩٤ = ١٤٦٤٦ سم

ص = تق. - تق. جتا ٧٦٢٨٩٤ = ٣٤٦٣٠ سم

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول الآتي

عرض	طول					
		٦٤	٦١	٥٨	٥٥	٥٢
١٦٠	س	٠.٠٠٠	٠.٠٠٠	٠.٠٠٠	٠.٠٠٠	٠.٠٠٠
	ص	٢٢٦٣٥٢	٢٢٦٢٣٥	١١٦١١٨	٠.٠٠٠	١١٦١١٨ -
١٦٣	س	٤٦٨٩٥	٥٢٣٨٨	٥٨٨٨٢	٦٢٣٧٥	٦٦٩٦٨
	ص	٢٢٦٤٦٢	٢٢٦٣٥٥	١١٦٢٤٨	٠.١٤١	١٠٢٩٦٥ -
١٦٦	س	٩٧٨٠	١٠٢٧٩٦	١١٦٧٥١	١٢٦٧٣٧	١٣٦٧٢٢
	ص	٢٢٦٧٨٧	٢٢٦٧١٤	١١٦٦٤٠	٠.٥٦٦	١٠٢٥٠٨ -
١٦٩	س	١٤٦٤٦	١٦٦١٢٢	١٧٦٥٩٨	١٩٠٧٤	٢٠٢٥٥٠
	ص	٢٤٦٣٣٠	٢٣٦٣١٠	١٢٦٢٩١	١٢٦٧٢	٩٧٤٤٨ -
١٧٢	س	١٩٦٤٨٢	٢١٦٤٤٧	٢٣٦٤١٠	٢٥٦٣٧٤	٢٧٦٣٣٧
	ص	٣٥٦٠٨٧	٢٤٦١٤٤	١٣٦٢٠١	٢٢٦٥٨	٨٦٦١٥ -

مثال :

مسقط بدون تقياس ١ : ٤ مليون فيه العرض الرئيسي ٥٨° شمال  
والطول الأوسط ٢٠° شرق .

نق = ١٥٩٢٥ سم

نق<sub>٨</sub> = نق ظنا ٥٨ = ٩٩٥١٠٤ سم

المسافة القوسية التي تقابل ٢° عرضية على سطح الأرض =

$$٤ \times \frac{\pi}{180} \times \text{نق} = ١١٧٧ \text{ سم}$$

$\lambda \times \frac{\phi \text{ جتا}}{\phi \text{ جتا}} = \lambda$				نق	العرض $\phi$
١٦°	١٢°	٨°	٤°		
١٣٢٤٥٢٨	١٠٢٠٨٩٦	٦٧٧٢٦٤	٣٣٣٦٣٢	١٢١٧٧٤٦	٥٠°
١٣٢٥٣٨٠	١٠٢١٥٣٥	٦٧٧٦٩٠	٣٣٣٨٤٥	١٠٢٦٢٨	٥٤
١٣٢٥٦٨٨	١٠٢١٧٩٦	٦٧٧٨٤٤	٣٣٣٩٢٢	٩٩٥١٠	٥٨
١٣٢٥٣٣٩	١٠٢١٤٩٧	٦٧٧٦٦٤	٣٣٣٨٣٢	٨٨٢٩٣	٦٢
١٣٢٤١١٤	١٠٢٠٥٨٥	٦٧٧٠٥٧	٣٣٣٥٢٨	٧٧٢٢٧٥	٦٦

وبانتهاذ خط الطول الأوسط عموداً الاصادات وتكون نقطة الأصل عند  
العرض الرئيسي ٨ هـ تكون الاحداثيات المطلوبة كالآتي

$$س = س_٨ \phi \text{ حنا } \lambda$$

$$ص = س_٨ \phi - س_٨ \phi \text{ حنا } \lambda$$

احداثيات النقطة ( عرض ٤٤° شمال ، طول ٢٨° شرق )

$$س = ١١٠٠٦٢٨ \text{ جا } ٦٧٩٦٠^\circ = ١٢٠٢٩٠٢٩ \text{ سم}$$

$$ص = ٩٩٥١٠ - ١١٠٠٦٢٨ \text{ حنا } ٦٧٩٦٠^\circ = ١٠٠٣٤٧ \text{ سم}$$

احداثيات النقطة ( عرض ٦٦ شمال ، طول ٣٦ شرق )

$$س = ٧٧٢٣٧٥ \text{ جا } ٣٣٤١٦٤^\circ = ١٧٠٩٢٣ \text{ سم}$$

$$ص = ٩٩٥١٠ - ٧٧٢٣٧٥ \text{ حنا } ٣٣٤١٦٤^\circ = ٢٤٠٣٤٢ \text{ سم}$$

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول الآتي

عرض طول		٥٠	٥٤	٥٨	٦٢	٦٦
٢٠	س	٠.٠٠٠	٠.٠٠٠	٠.٠٠٠	٠.٠٠٠	٠.٠٠٠
	ص	٢٢.٢٣٥-	١١.١١٨-	٠.٠٠٠	١١.١١٨	٢٢.٢٣٥
٢٤	س	٧.١٤٢	٦.٥٢١	٥.٨٨٨	٥.٢١٦	٤.٥١٩
	ص	٢٢.٠٢٦-	١٠.٩٢٥-	٠.١٧٤	١١.٢٧١	٢٢.٣٦٧
٢٨	س	١٤.٢٦٠	١٣.٠٢٩	١١.٧٥٥	١٠.٤١٥	٩.٠٢٣
	ص	٢١.٣٩٨-	١٠.٣٤٧-	٠.٦٩٧	١١.٧٣٣	٢٢.٧٦٤
٣٢	س	٢١.٣٢٨	١٩.٥٠٤	١٧.٥٨٢	١٥.٥٧٧	١٣.٤٩٦
	ص	٢٠.٣٥٣-	٩.٢٨٥-	١.٥٩٦	٦.٢٥٠	٢٢.٤٢٣
٣٦	س	٢٨.٣٢٤	٢٥.٨٩٧	٢٣.٢٤٦	٢٠.٦٨٤	١٧.٩٢٣
	ص	١٨.٨٩٦-	٨.٠٤٤-	٢.٧٧٢	١٣.٥٧١	٢٤.٣٤٤



$$\text{نق } ٢ = \frac{٥٦}{٢} \text{ حـا } \frac{٥٢}{٢} \text{ قـا } = ٢٦٦١٨١٩$$

وباتخاذ خط الطول الأوسط (١٠٠° غرب) محورا للصادات وتكون نقطة الأصل عند العرض الرئيسى ٣٨° شمال

$$\text{ص} = \text{نق } \phi \text{ حـا } \lambda'$$

$$\text{ص} = \text{نق } ٣٨ - \text{نق } \phi \text{ حـتا } \lambda'$$

احداثيات النقطة ( عرض ٤٠° شمال ، طول ٩٦° غرب )

$$\text{ص} = \text{نق } ٣٢٢٣١٢٢ \text{ حـا } ٣٢٢٣١٢٢ = ١٣٥٠٧$$

$$\text{ص} = \text{نق } ٣٨ - \text{نق } ٣٢٢٣١٢٢ \text{ حـتا } ٣٢٢٣١٢٢ = ٩٣١٣$$

احداثيات النقطة ( عرض ٤٤° شمال ، طول ٩٢° غرب )

$$\text{ص} = \text{نق } ٦٤٦٢٦٤ \text{ حـا } ٦٤٦٢٦٤ = ٣٢٩٩٦٠$$

$$\text{ص} = \text{نق } ٣٨ - \text{نق } ٦٤٦٢٦٤ \text{ حـتا } ٦٤٦٢٦٤ = ١٥٩٤٢$$

وبتكرار هذا العمل يحصل على الجدول المبين في صفحة ٢٠٢

عرض	طول		٤٢	٤٠	٣٨	٣٦	٣٤
			س	ص	س	ص	س
٩٨		س	٦٧٥٠٢	٦٧٧٥٦	٦٧٠٠١	٦٧٢٥٧	٦٧٥٠٥
		ص	١٨٧٠٢٨	٩٧٠٢٧	٠٧٠٩٩	٨٧٧٥٤	١٧٧٥٢٨
٩٦		س	١٢٧٩٩٩	١٣٧٥٠٧	١٤٧٠١٠	١٤٧٥٠٩	١٥٧٠٠٤
		ص	١٨٧٣٠٣	٩٧٣١٣	٠٧٣٩٥	٨٧٤٤٧	١٧٧٢١٠
٩٤		س	١٩٧٤٨٦	٢٠٧٢٤٦	٢١٧٠٠١	٢١٧٧٤٩	٢٢٧٤٩١
		ص	١٨٧٧٦١	٩٧٧٨٨	٠٧٨٨٩	٧٧٩٣٥	١٦٧٦٨٢
٩٢		س	٢٥٧٩٥٧	٢٦٧٩٧٠	٢٧٧٩٧٥	٢٨٧٩٧٢	٢٩٧٩٦٠
		ص	١٩٧٤٠٢	١٠٧٤٥٤	١٠٥٧٩	٧٧٢٢٠	١٥٧٩٤٢
٩٠		س	٣٢٧٤٠٧	٣٣٧٦٧٣	٣٤٧٩٢٨	٣٦٧١٧٢	٣٧٧٤٠٦
		ص	٢٠٧٢٣٠	١١٧٣٠٩	٢٧٤٦٦	٦٧٣٠٢	١٤٧٩٩٢

مثال مسقط الأرض المخروطى المسارى للمساحات بعرضين رئيسيين ٤٠° ،

شمال بمقياس ١ : ٥ مليون والطول الأوسط ١٥° شرق

نق = ١٢٧٧٤ سم

$$\text{ثابت المخروط} = \frac{\text{جا } ٤٠^\circ + \text{جا } ٥٠^\circ}{٢} = ٠.٧٠٤٤٢$$

$$\text{الطول } ٢٠^\circ \text{ شرق } \lambda = ٥ \leftarrow \lambda = ٣٧٥٢٢٠.٨$$

$$\text{د } ٢٥ \text{ د } \lambda = ١٠ \leftarrow \lambda = ٧٧٠٤٤١.٦$$

$$\text{د } ٣٠ \text{ د } \lambda = ١٥ \leftarrow \lambda = ١٠٧٥٦٦.٢٤$$

$$\text{د } ٣٥ \text{ د } \lambda = ٢٠ \leftarrow \lambda = ١٤٧٠٨٨٣.٢$$

$$\text{د } ٤٠ \text{ د } \lambda = ٢٥ \leftarrow \lambda = ١٧٧٦١٠.٤٠$$

$$\text{نق. ٤} = \frac{\text{نق جتا } ٤٠^\circ}{٠.٧٠٤٤٢} = ١٣٨٥٤٥ \text{ سم}$$

$$\sqrt{\text{نق. ٢} - \frac{\text{نق. ٢}^2}{٠.٧٠٤٤٢} (\text{حا} - \phi - \text{حا})} = \text{نق. ٤}$$

$$\text{ومن هنا نحصل على : نق. ٣} = ١٤٩٦١٢٣ \quad \text{نق. ٤} = ١٢٧٣٩٩٠$$

$$\text{نق. ٥} = ١١٦٢٥٢٨ \quad \text{نق. ٥} = ١٠٥٢٠١٦$$

وبالتحديد خط الطول الأوسط محورا للمصادات وتكون نقطة الأصل عند العرض  $٤٠^\circ$  شمال تكون الإحداثيات المطلوبة كالآتي :

$$\text{س} = \text{نق. ٤} \times \text{حا } \lambda$$

$$\text{ص} = \text{نق. ٤} - \text{نق. ٥} \times \text{حا } \lambda$$

أحداثيات النقطة ( عرض  $٥٠^\circ$  شمال ، طول  $٣^\circ$  شرق )

$$\text{س} = \text{نق. ٥} \times \text{حا } ١٠.٥٦٦٢٤ = ٢١٣١٧٥ \text{ سم}$$

$$\text{ص} = \text{نق. ٤} - \text{نق. ٥} \times \text{جتا } ١٠.٥٦٦٢٤ = ٢٤٢٦٣٤ \text{ سم}$$

أحداثيات النقطة ( عرض  $٣٥^\circ$  شمال ، طول  $٤٠^\circ$  شرق )

$$\text{س} = \text{نق. ٣} \times \text{حا } ١٧.٦١٠٤٠ = ٤٥٢٦٤٤ \text{ سم}$$

$$\text{ص} = \text{نق. ٤} - \text{نق. ٣} \times \text{جتا } ١٧.٦١٠٤٠ = ٤٢٠٥٦٨ \text{ سم}$$

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول الآتي :

عرض / طول		٣٥	٤٠	٤٥	٥٠	٥٥
٢٠	س	٩٠١٩١	٨٠٥١١	٧٠٨٢٧	٧٠١٤٢	٦٠٤٦٣
	ص	١٠٠٧٨٦-	٠٠٢٦٢	١١٠٢٨٧	٢٢٠٥١٢	٣٣٠٥٤٢
٢٥	س	١٨٠٣٤٨	١٦٠٩٩٠	١٥٠٦٢٣	١٤٠٢٥٧	١٣٠٩٠١
	ص	٩٠٩٣٩-	١٠٠٤٦	١٢٠١٠٨	٢٣٠١٧٠	٣٤٠١٣٧
٣٠	س	٢٧٠٤٣٥	٢٥٠٠٤٥	٢٣٠٣٦١	٢١٠٣١٨	١٩٠٢٩١
	ص	٨٠٥٣١-	٢٠٣٤٩	١٣٠٣٠٦	٢٤٠٢٦٣	٣٥٠١٢٧
٣٥	س	٣٦٠٤١٨	٣٣٠٧٣٤	٣١٠٠١١	٢٨٠٢٩٨	٢٥٠٦٠٧
	ص	٦٠٥٦٨-	٤٠١٦٧	١٤٠٩٧٨	٢٥٠٧٨٩	٣٦٠٥٠٨
٤٠	س	٤٥٠٢٦٤	٤١٠٩١٦	٣٨٠٥٤٤	٣٥٠١٧١	٣٨٠٢٧٤
	ص	٤٠٠٥٧-	٦٠٤٩٣	١٧٠١١٦	٧٢٠٧٤٠	٣٨٠٢٧٤

مثال : مستقيم مخروطي تشابهي فيه العرض الرئيسي ٥٥° شمال بمقياس

١ : ٢ مليون والطول الأوسط ٦° غرب

$$\text{نق} = ٣١٨٥٠ - م$$

$$\text{ثابت المخروط} = ٥٥ = \lambda$$

$$\text{الطول} = ٦^\circ \text{ غرب } \lambda = ٢^\circ \quad \lambda = ١٠٦٣٨٣.٠$$

$$\text{د } ٢ \text{ غرب } \lambda = ٤ \quad \lambda = ٣٠٢٧٦٦.١$$

$$\text{د صفر } \lambda = ٦ \quad \lambda = ٤٠٩١٤٩.١$$

$$\text{د } ٢ \text{ شرق } \lambda = ٨ \quad \lambda = ٦٠٥٥٣٢.١$$

$$\text{د } \lambda = ١٠ \quad \lambda = ٨٠١٩١٥.٢$$

$$\text{نق.} = \text{نق ظنا } ٥٥ = ٢٢٣٠.١٦١ \text{ سم}$$

$$\text{نق.} = \phi = \left[ \frac{\frac{\phi - ٩٠}{٢} \text{ ظا}}{\frac{٥٥ - ٩٠}{٢} \text{ ظا}} \right] \text{ ح.} ٥٥$$

ومن تلك العلاقة نحصل على قيم انصاف أقطار دوائر العرض

$$\text{نق.} = ٢٥٠.٨٤٤٨ = \text{نق.} ٢ = ٢٣٩٧.٠٠٢$$

$$\text{نق.} = ٢٢٨٥.٧٥٣ = \text{نق.} ٦ = ٢١٧٤.٥٦٩$$

$$\text{نق.} = ٢٠٦٣.٣١٧ = \text{نق.} ٦٠ = ١٩٥١.٨٥٢$$

وباتخاذ خط الطول الأوسط ٦° غرب محورا للصادات وتكون نقطة الأصل  
هذه العرض ٥٥° شمال تكون الاحداثيات المطلوبة كالآتي :

$$\text{س} = \text{نق.} \text{ جا } \lambda$$

$$\text{ص} = \text{نق.} - \text{نق.} \text{ جتا } \lambda$$

احداثيات النقطة ( عرض ٥٢° شمال ، طول ٤° غرب )

$$\text{س} = \text{نق.} \text{ جا } ١٦٢٨٣ = ٦٨٥٣٠ =$$

$$\text{ص} = ٢٢٣٠.١٦١ - \text{نق.} \text{ جتا } ١٦٢٨٣ = ١٦٥٨٦١ =$$

احداثيات النقطة ( عرض ٦٠° شمال ، طول ٢° شرق )

$$\text{س} = \text{نق.} \text{ ح.} ٦٥٥٣٢١ = ٢٢٢٧٥٧ =$$

$$\text{ص} = ٢٢٣٠.١٦١ - \text{نق.} \text{ جتا } ٦٥٥٣٢١ = ٢٩١٠٦٢ =$$

وتسكوار هذا العمل نحصل على الجدول الآتي :

٦٠	٥٨	٥٦	٥٤	٥٢	٥٠		عرض
							طول
٠.٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠	ص	٦ غرب
٢٧٧٨٣١	١٦٧١٨٤	٥٥٥٥٩	٠.٢٥٥٩—	١٦.٥٦٨٤—	٢٧٧٨٢٩—	ص	
٥٥٥٨٠	٥٥٨٩٩	٦٧٢١٧	٦٧٥٢٥	٦٧٨٩٣	٧٧١٧٢	ص	٤ غرب
١٧٧٩١١	١٦٧٦٦٩	٥٥٦٤٨	٥٥٤٦٦—	١٦.٧٨٥٦—	٢٧٧٧٢٦—	ص	
١١٧١٥٦	١١٧٧٩٣	١٢٧٤٢٩	١٣٧٠٦٥	١٣.٧٠٠٠	١٤.٣٢٣٧	ص	٢ غرب
٢٨٧١٥٠	١٧٧٠٢٢	٥٥٩١٥	٥٥١٨٦—	١٦.٧٢٩٢—	٢٧٧٤١٩—	ص	
١٦٧٧٢٣	١٧٧٦٧٨	١٨٧٦٣١	١٩٧٥٨٣	٢٠.٥٣٧	٢١.٤٩١	ص	صفر
٢٨٧٥٤٩	١٧٧٤٤٣	٦٧٢٥٩	٤٧٧١٩—	١٥.٨٠٠٢—	٢٦.٧٩٠٦—	ص	
٢٢٧٢٧٦	٢٣٧٥٤٨	١٤٧٨١٧	٢٦.٧٠٨١	٢٧.٣٥٦	٢٨.٦٦٢٨	ص	٢ شرق
٢٩٧١٠٦	١٨٧٠٢٣	٦٧٩٨٠	٤٧٠٦٦—	١٥.١١٨—	٢٦.٧١٩٠—	ص	
٢٧٧٨١٠	٢٩٧٣٩٩	٢٠.٩٨٤	٢٢.٧٥٧٠	٢٤.١٥٣	٢٥.٧٧٤١	ص	٤ شرق
٢٩٧٨٢٢	١٨٧٧٩٠	٧٧٧٧٨	٢٣.٢٢٧—	١٤.٧٢٣٩—	٢٥.٢٦٦٩—	ص	

مثال : مسقط مخروطی تشابهی بعرضین رئيسیین ٢٨° ٤٥' شمال  
بمقیاس ١ : ٢ ملیون والطول الاوسط ١٣° شرق .

$$\text{نق} = ٢١٨٥ \text{ سم}$$

$$\text{ثابت المخروط حـ} \alpha = \frac{\text{لو جـ} ٥٢ - \text{لو جـ} ٤٥}{\frac{\text{لو ظـ} ٥٢}{٢} - \frac{\text{لو ظـ} ٤٥}{٢}} = ٠.٦٦٢٠٢٣$$

$$\alpha = ٤١٥٣١٦'$$

$$\text{نق} \alpha = \text{نق ظنا} \alpha = ٣٥٩٥٦٨٩$$

$$\text{نق} \alpha = \frac{\text{حـ} ٥٢}{\text{حـ} ٤١٥٣١٦'} = ٤٢٧٣٨١١$$

$$\text{نق} \phi = \text{نق} \alpha \cdot \left[ \frac{\frac{\phi - ٩٠}{٢} \text{ ظا}}{\frac{٥٢}{٢} \text{ ظا}} \right] \text{ ومنهـ نحصل على}$$

$$\text{نق} ١ = ٤٠٢٣٠٩٣$$

$$\text{نق} ١ = ٤١٤٨٢٩٤$$

$$\text{نق} ٢ = ٣٧٧٢٢٢٥$$

$$\text{نق} ٢ = ٣٨٩٥٧٧٥٦$$

$$\text{نق} ٣ = ٣٦٤٦٣٣٩$$

$$\text{الطول } ١٥^\circ \text{ شرق } \lambda = ٢ \leftarrow \lambda' = ١٣٢٦٠٦٦^\circ$$

$$٢٧٥٢١٣٢ = \lambda' \leftarrow \lambda = ٤ \text{ د } ١٧$$

$$٣٩٧٨١٩٨ = \lambda' \leftarrow \lambda = ٦ \text{ د } ١٩$$

وبالتخاذ خط الطول الأوسط  $١٣^\circ$  شرق محورا للمصادات وتكون نقطة الأصل عند العرض  $٣٨^\circ$  شمال تكون الاحداثيات المطلوبة كالآتي :

$$س = \text{نق} \phi \text{ جا } \lambda'$$

$$ص = \text{نق} ٣٨ - \text{نق} \phi \text{ جتا } \lambda'$$

احداثيات النقطة (عرض  $٤٤^\circ$  شمال ، طول  $١٥^\circ$  شرق)

$$س = \text{نق} ٤٤ \text{ جا } ١٣٢٦٠٦٦^\circ = ٩٠٢٠٢$$

$$ص = \text{نق} ٣٨ - \text{نق} ٤٤ \text{ جتا } ١٣٢٦٠٦٦^\circ = ٣٧٧٠٩٩$$

احداثيات النقطة (عرض  $٤٨^\circ$  شمال ، طول  $١٩^\circ$  شرق)

$$س = \text{نق} ٤٨ \text{ جا } ٣٩٧٨١٩٨^\circ = ٢٥٢٩٧٢$$

$$ص = \text{نق} ٣٨ - \text{نق} ٤٨ \text{ جتا } ٣٩٧٨١٩٨^\circ = ٦٣٦٢٥٧$$

وبتكرار هذا العمل نحصل على الجدول الآتي :

٤٨	٤٦	٤٤	٤٢	٤٠	٣٨		ملاحظات / طوك
٠٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠٠	ص	١٣
٦٣٧٤٧	٥٠٠١٥٩	٢٧٧٦٠٦	٢٥٧٠٧٢	١٢٧٥٤٢	٠٠٠٠٠٠	ص	
٨٠٤٣٨	٨٧٣٠٠	٩٧٠٢٠	٩٧٢١٠	٩٦٠٠٠	٩٧٨٩١	ص	١٥
٦٣٧٨٤٥	٥٠٠٢٦٠	٢٧٧٧١٠	٢٥٧١٨٠	١٢٧٦٥٢	٣١١٤٠	ص	
١٦٧٨٧٢	١٧٧٤٥٥	١٨٧٠٢٦	١٨٧١١٦	١٩٧١٩٥	١٩٧٧٧١	ص	١٧
٦٣٧١٣٨	٣٤٠٥٠٥	٢٨٧٠٢٣	٢٥٥٥٠٢	١٢٧٩٨٦	٧٥٣٥٨	ص	
٢٥٧٢٩٧	٢٦٧١٧١	٢٧٧٠٤١	٢٧٧٩١١	٢٨٧٧٨٠	٢٩٧٦٥٠	ص	
٦٣٧٢٢٦	٧٤٠٠٦٨	٢٨٧٥٤٥	٢٦٧٠٤١	١٢٧٥٤١	٢٠٠٢٠	ص	١٩



## الباب الثامن

### مساقط الخرائط المساحية

إن الخاصية الرئيسية التي يجب توافرها في الخرائط المساحية هي خاصية التشابه . أي أن الزوايا على الخريطة المرسومة عند نقطة معينة تكون مساوية للزوايا المناظرة على سطح الأرض . والحكمة في ذلك هو أن جميع عمليات المساحة تتضمن زوايا . وحتى يمكن توقيع الزوايا على الخرائط يلزم توفر خاصية التشابه . وقد يتبادر إلى ذهن القارئ استغناء يختص بموضوع الزيادة السكرية في زوايا المثلثات على سطح الأرض وذلك عند توقيع المثلثات على الخريطة المساحية . والإجابة على ذلك بسيطة وهي أن اضلاع المثلثات على سطح الأرض لا تسقط على هيئة خطوط مستقيمة على الخريطة .

والخريطة المساحية تكون عادة بمقاييس كبيرة بالمقارنة بالخرائط الجغرافية . ولا يوجد مقياس محدد يميز بين الخرائط المساحية والخرائط الجغرافية . وفي رأى الكتاب أن الخرائط المرسومة بمقياس أكبر من 1 : 250,000 تعتبر خرائط مساحية . وأن الخرائط المرسومة بمقياس أصغر من 1 : 250,000 تعتبر خرائط جغرافية .

وهذا التقسيم ليس قاطعا إذ أن خرائط الملاحة البحرية والجوية كثيرا ما ترسم بمقاييس أصغر من 1 : 250,000 وذلك عندما تغطي منطقة كبيرة من العالم وهذا النوع من الخرائط يخضع لقواعد الخرائط المساحية .

والمساقط التشابهية الأربعة هي :

1 - مسقط مركب من مجموعة المساقط الإبطوانية .



### قطاع خط الطول

في هذا الباب نستخدم شكل هايفررد (١٩١٠) للسطح الشبه كروي للأرض  
ويسمى الشكل الدول . وفيه يكون

طول نصف المحور الأكبر (أ) للقطاع الناقص ٦ ٣٧٨ ٣٨٨ متر  
، ، ، الأصغر (ب) ، ، ، ٦٣٥٦ ٩١٢ ،

$$\frac{1}{297} = \frac{b^2 - a^2}{a^2} = \text{التناقص}$$

$$\text{الاختلاف المركزي (ف)} = \frac{b^2 - a^2}{a} \sqrt{\frac{a}{b}} = ٠.٠٨٤٩٩١٧٨$$

$$٠.٠٠٦٧٢٢٦٥٣ = \text{ف}^2$$

$$١ = \frac{v^2}{c^2} + \frac{s^2}{c^2}$$

المعادلة الهندسية التي تعطين شكل خط الطول هي

زاوية العرض الجغرافي  $\phi$

ن نقطة على سطح الأرض . والمماس للقطاع الناقص الذي يمثل خط طول النقطة  
ن يقع في المستوى الأفقي للنقطة ن .

والعمودي على هذا المماس ويكون أيضا عموديا على المستوى الأفقي يشير إلى  
اتجاه السميت عند نقطة ن (الاتجاه الرأسى) . واتجاه السميت يضع زاوية  
(ن ل س) مع مستوى الاستواء تسمى زاوية العرض الجغرافي .

واضح أن قيمة زاوية عرض مكان على سطح الأرض تساوى الزاوية عند  
هذا المكان بين اتجاه محور دوران الأرض والمستوى الأفقي عند هذا المكان .

### زاوية العرض المركزي $\phi$

لصف القطر الذي يمر بالنقطة ن يصنع زاوية ( ن م > ) مع مستوى الاستواء  
تسمى زاوية العرض المركزي .

### العلاقة بين العرض الجغرافي والعرض المركزي

من شكل ٩٩

$$\frac{\sin \phi}{\sin \phi} = \text{ميل العمودي} = \phi \quad \text{،} \quad \frac{\sin \phi}{\sin \phi} = \phi$$

$$1 = \frac{\sin^2 \phi}{\sin^2 \phi} + \frac{\sin^2 \phi}{\sin^2 \phi}$$

بتفاضل معادلة النقطتين لحظ الطول وهي

ينتج أن

$$\frac{\sin^2 \phi}{\sin^2 \phi} = \frac{\sin^2 \phi}{\sin^2 \phi} + \frac{\sin^2 \phi}{\sin^2 \phi}$$

$$\frac{\sin^2 \phi}{\sin^2 \phi} = \frac{\sin^2 \phi}{\sin^2 \phi} + \frac{\sin^2 \phi}{\sin^2 \phi}$$

$$\phi = \phi = \frac{\sin^2 \phi}{\sin^2 \phi} \cdot \phi = 99.32772 \text{ ر.} \quad \phi$$

ومن هذه العلاقة نحصل على الجدول في الصفحة التالية :

نوابا المرض المركزي  $\phi$  المقابلة للمرض الجبراني  $\phi$

$\phi$	$\phi$	$\phi$	$\phi$	$\phi$	$\phi$
٦٤٥٨٥١٦٤٨	٥٦٥	٣٤٥٨١٨٦٢٣	٥٣٥	٥٤٥٨٦٦٥٥٥	٥٥
٦٩٥٨٧٥٤٦٦	٧٠	٣٩٥٨٠٩٨٠٧	٤٠	٩٥٩٣٤١١٧	١٠
٧٤٥٩٠٣٠٩٧	٧٥	٤٤٥٨٠٦٧٦٠	٤٥	١٤٥٩٠٣٦٦٦	١٥
٧٩٥٩٣٣٦٩٨	٨٠	٤٩٥٨٠٩٥٨٥	٥٠	١٩٥٨٧٦١٠٨	٢٠
٨٤٥٩٦٦٣٣٢	٨٥	٥٤٥٨١٨٢٠٥	٥٥	٢٤٥٨٥٢٢٩٠	٢٥
٩٠٥	٩٠	٥٩٥٨٣٣٣١٦	٦٠	٢٩٥٨٢٢٩٣٢	٣٠

### المسافة على خط الطول

نرمز إلى نصف قطر انحناء خط الطول بالرمز  $P$  ونرمز إلى طول قوس  
خط الطول بالرمز  $L$

تفاضل معادلة القاطع المتناقص لحظ الطول تعطى

$$\frac{r_c}{r_1} \cdot \phi = \frac{r_c}{r_1} \cdot \frac{u}{u_c} = \frac{u}{u_c}$$

$$u = \frac{r_c}{r_1} \cdot \phi \cdot (1 - f^2) = u_c \cdot \phi \cdot (1 - f^2)$$

وبذلك تكتب معادلة القاطع المتناقص على الصورة

$$1 = \frac{u_c \cdot \phi \cdot (1 - f^2)}{(1 - f^2) \cdot r_1} + \frac{u_c}{r_1}$$

$$r_1 = [1 + \phi \cdot (1 - f^2)] \cdot \frac{u_c}{u_c}$$

$$r_1 = (1 + \phi \cdot (1 - f^2)) \cdot \frac{u_c}{u_c}$$

$$r_1 = \frac{1 - f^2 \cdot \phi}{\phi}$$

$$\frac{1}{r_1} = \frac{\phi}{1 - f^2 \cdot \phi}$$

$$\frac{\phi - (1 - \phi^2) \cos \alpha}{\phi^2 (1 - \phi^2 \cos^2 \alpha)} = \frac{\phi}{\phi^2}$$

$$\frac{\phi}{\phi^2} \cdot \frac{\phi}{\phi} = \frac{\phi}{\phi^2} = \rho = \text{نصف قطر الانحناء}$$

$$\frac{(1 - \phi^2) \cos \alpha}{\phi^2 (1 - \phi^2 \cos^2 \alpha)} = \frac{(1 - \phi^2) \cos \alpha}{\phi^2 (1 - \phi^2 \cos^2 \alpha)} \times \frac{1}{\phi^2} = \rho$$

والجدول في الصفحة التالية يعطى قيمة  $\rho$  عند بعض العروض

نصف قطر الانحناء (P) لحظ الطول عند المرض

المريض	نصف قطر الانحناء متر	المريض	نصف قطر الانحناء متر	المريض	نصف قطر الانحناء متر	المريض	نصف قطر الانحناء متر
١٢٦١	٩٩٦٢٨٥	١٢٤٢	٩٨٨٢٨٨	٢٠	١٢٣٥	٥٠٨٢٠٩	صفر
١٢٦٤	٢٢٠٢٨٢	١٢٤٤	٤٨٤٢٠٥	٢٢	١٢٣٥	٥٨٥٢٩٩	٢
١٢٦٦	٤٦٢٢٤٢	١٢٤٦	٠٩٢٢٠٩	٢٤	١٢٣٥	٨١٩٢١١	٤
١٢٦٨	٧١٠٢٩٧	١٢٤٧	٨٠٥٢١٨	٢٦	١٢٣٦	٢٠٦٢٣١	٦
١٢٧٠	٩٥٣٢٨٠	١٢٤٩	٦١٥٢٤٤	٢٨	١٢٣٦	٧٤٥٢٨٦	٨
١٢٧٢	١٨٤٢٤٨	١٢٥١	٥١٣٢٥٦	٣٠	١٢٣٧	٤٢٥٢٠٣	١٠
١٢٧٣	٢٨٧٢٦٩	١٢٥٢	٤٩١٢٠١	٣٢	١٢٣٨	٢٧٠٢٧٩	١٢
١٢٧٧	٥٥٤٢٠٧	١٢٥٥	٥٢٨٢١٥	٣٤	١٢٣٩	٢٤٩٢١٣	١٤
١٢٧٩	٦٧٢٢١٦	١٢٥٧	٦٤٤٢٩٤	٣٦	١٢٤٠	٣٦٥٢١٤	١٦
١٢٨١	٧٢٤٢١٧	١٢٥٩	٨٠١٢٣٤	٣٨	١٢٤١	٦١٣٢٨٠	١٨

### طول القوس على خط الطول

ويكون طول القوس  $L$  على خط الطول ابتداء من الاستواء

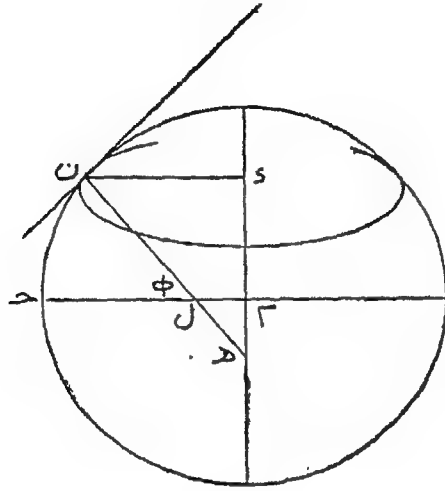
$$\int_{\text{صفر}}^L \phi = \int_{\text{صفر}}^{\phi} \frac{1 - (f^2 \cos^2 \phi)}{1 - f^2 \cos^2 \phi} d\phi = \int_{\text{صفر}}^{\phi} 1 d\phi = \phi$$

ويجمل هذا التكامل نحصل على الجدول الآتي :

المسافات على خط الطول من الاستواء إلى العرض  $\phi$

المسافة متر	العرض $\phi$	المسافة متر	العرض $\phi$	المسافة متر	العرض $\phi$
٤٦٥١	٧١٩,٢٢٩	٢٤٢٣	٨٣١,٢٨٧	٢٢١	١٥١,٢٨٦
٤٨٧٣	٩١١,٢٦٠	٢٦٥٥	٢٢٣,٢٨٩	٤٤٢	٣٠٩,٢١٥
٥٠٩٦	١٨٢,٢٣٠	٢٨٧٦	٨٧٣,٢٩٠	٦٦٣	٤٩٧,٢٢٧
٥٣١٨	٥٢١,٢٤٥	٣٠٩٨	٤٨٥,٢٤٢	٨٨٤	٦٦١,٢٥٧
٥٥٤٠	٩٥٨,٢٧١	٣٣٢٠	١٦١,٢٧٠	١١٠٥	٨٦٧,٢٣٣
٥٧٦٣	٤٦٣,٢٣٦	٣٥٤١	٩٠٥,٢٦٥	١٣٢٧	١٠٩٩,٢٧١
٥٩٨٦	١٤٤,٢٣١	٣٧٦٣	٧١٩,٢٨٦	١٥٤٨	١٠٩٣,٢٧٧
٦٢٠٨	٧٠٠,٢٠٩	٣٩٨٥	٦٠٦,٢٦١	١٧٦٩	٦٦٤,٢٣٩
٦٤٣١	٤٢٨,٢٨٥	٤٢٠٧	٥٦٧,٢٧٩	١٩٩١	١٠٠٦,٢٣١
٦٦٥٤	٢٢٨,٢٤٠	٤٤٢٩	٦٠٤,٢٦٦	٢٢١٢	٢٩٤,٢٠٣

## المسافة على دائرة عرض



شكل ١٠٠

ن و في الشكل يمثل نصف قطر دائرة العرض  $\phi$  . (  $\cos \phi$  ) .

ن و يمثل الاحداثي السيني للنقطة ن وسبق التعرف على قيمته بدلالة العرض الجغرافي  $\phi$

$$\cos \phi = \frac{\cos \phi}{1 - \frac{1}{2} \phi^2} \approx \cos \phi$$

ومن هذه العلاقة يمكن حساب أطوال المسافات على دوائر العرض . ومنها  
نحصل على الجدول في الصفحة التالية:

أنصاف أقطار دوائر المرض للآرض شبه مستديرة (م. ق)

المرض ق	نصف القطر م متر	المرض ق	نصف القطر م متر	المرض ق	نصف القطر م متر	المرض ق
صفر	٤٨٩٢ ٩٢٨٨٠	٤٠	٥٩٩٦ ٠٨٢١٨	٢٠	٦٢٨٨ ٢٨٨٠٠	
٢	٤٧٩٧ ٢١٥٨٩٥	٤٢	٥٩١٦ ٧٢٩٨٥	٢٢	٥٢٧٤ ٥٢٨٥١	
٤	٤٥٩٥ ٦٨٨٦٧	٤٤	٥٨٢٠ ١٩٠٣٢	٢٤	٦٢٩٢ ٩٥٤٥٢	
٦	٤٤٢٨ ٥٢٧٢٨	٤٦	٥٧٢٦ ٥١٢٧٩	٢٦	٦٢٤٢ ٦٧٩٨٤	
٨	٤٢٧٥ ٩١٩٥٤	٤٨	٥٦٢٥ ٩٥٩٢٨	٢٨	٦٢١٦ ٧٢٥٢٢	
١٠	٤١٠٨ ٠٥٩٩٩	٥٠	٥٥٢٨ ٤٩٢٧٢	٣٠	٦٢٨٢ ١٢٢٩٢	
١٢	٣٩٢٥ ١٤٩٩٧	٥٢	٥٤١٤ ٢٩٢٧٤	٣٢	٦٢٢٩ ٩١١٥٥	
١٤	٣٧٥٧ ٢٩٧٨٧	٥٤	٥٢٩٢ ٤٩٠٠٨	٣٤	٦١٩٠ ١٤٠٥٢	
١٦	٣٥٧٥ ٠١٨٠٧	٥٦	٥١٦٦ ٢٢٧٢٥	٣٦	٦١٢٢ ٨٦٦٤٤	
١٨	٣٢٨٨ ٢٢١٢٦	٥٨	٥٠٢٢ ٦٥٤٢٥	٣٨	٦٠٦٨ ١٥٥٤٢	

لصف قطر الانحناء العمودي  $v$

يسمى الطول  $n$  هو شكل ١٠٠ بنصف قطر الانحناء العمودي ويرمز له بالرمز  $v$

$$n \approx n \text{ و } \phi$$

$$n \approx \frac{1}{(1 - \phi^2 \text{ ح } \phi)^2}$$

والجدول الآتي يعطى قيمة  $v$  عند بعض العروض

نصف قطر الانحناء المعمدى  $\phi$  عند المريض  $\gamma$

نصف قطر الانحناء المعمدى	المريض $\phi$	نصف قطر الانحناء المعمدى	المريض $\phi$	نصف قطر الانحناء المعمدى	المريض $\phi$	نصف قطر الانحناء المعمدى	المريض $\phi$	
مست		مست		مست		مست		
٦٣٨٧	٢٦٤٠٩٢	٤٠	٦٣٨٠	٨٩٧٠٣٨	٢٠	٦٣٧٨	٣٨٨٠٠٠	صفر
٦٣٨٨	٠٠٩٠١٥	٤٢	٦٣٨١	٣٩٨٠٧٠	٢٢	٦٣٧٨	٤١٤٠٠٨	٢
٦٣٨٨	٧٠٩٠٠٦	٤٤	٦٣٨١	٩٣٧٠٨٤	٢٤	٦٣٧٨	٤٩٢٠٣١	٤
٦٣٨٩	٠١١٠١١	٤٦	٦٣٨٢	٥١٢٠٠٠	٢٦	٦٣٧٨	٦٢٢٠١٩	٦
٦٣٩٠	٧٩١٠٤٩	٤٨	٦٣٨٢	١١٨٠٦٨	٢٨	٦٣٧٨	٧٠٢٠٣٩	٨
٦٣٩١	٠٠٦٠٨٠	٥٠	٦٣٨٣	٧٥٤٠٦٩	٣٠	٦٣٧٩	٠٢٤٠٤٨	١٠
٦٣٩١	٧٤٢٠٠٧	٥٢	٦٣٨٤	٤١٧٠٢٧	٣٢	٦٣٧٩	٣١٤٠٨٩	١٢
٦٣٩٢	٤٦٧٠٠٧	٥٤	٦٣٨٥	١٠٢٠٧٤	٣٤	٦٣٧٩	٦٤٢٠١٩	١٤
٦٣٩٣	١٧٤٠٩٦	٥٦	٦٣٨٥	٨٠٨٠١٩	٣٦	٦٣٨٠	٠١٧٠٥٠	١٦
٦٣٩٣	٨٦٢٠٣٤	٥٨	٦٣٨٦	٥٢٠٠٠٤	٣٨	٦٣٨٠	٤٣٦٠١٩	١٨

مقطع مركب  
الأرض شبه كروية

كما سبق في حالة الأرض الكروية وبالرجوع إلى شكل ٣٧ وإلى علاقات التشابه

$$\frac{ل' ب'}{ل ب} = \frac{ل' ا'}{ل ا}$$

$$ل' ا' = ه' و' = ه' ا = \lambda \Delta . ا$$

$$\lambda \Delta . \frac{ا حنا \phi}{\frac{1}{2}(\phi^2 حا^2 - 1)} = \lambda \Delta . س = ل ب$$

$$ل ب = \phi \Delta . \rho$$

$$\frac{\lambda \Delta . ا}{\lambda \Delta . \phi حنا \phi} = \frac{ل ب'}{\phi \Delta . \rho} \quad \text{وبالتعويض ينتج أن}$$

$$\frac{\lambda \Delta . ا}{\frac{1}{2}(\phi^2 حا^2 - 1)}$$

$$ل ب' = \Delta ص = \rho (\phi^2 حا^2 - 1) \cdot \frac{1}{2} \phi ا \Delta . \phi$$

$$= \phi \Delta \frac{\phi ا (\phi^2 حا^2 - 1)}{\frac{1}{2}(\phi^2 حا^2 - 1)}$$

وبانتخاب الاستواء على الخريطة محورا للمعينات وبانتخاب أى خط من خطوط الطول محورا للمصادات وباجراء التكامل

$$\int_0^{\phi} \frac{1}{\phi^2 - 1} d\phi = \frac{1}{2} \ln \left| \frac{\phi - 1}{\phi + 1} \right|$$

ويكتب التكامل على الصورة

$$\int_0^{\phi} \left( \frac{1}{\phi^2 - 1} - \frac{1}{\psi^2 - 1} \right) d\phi = \frac{1}{2} \ln \left| \frac{\phi - 1}{\phi + 1} \right| - \frac{1}{2} \ln \left| \frac{\psi - 1}{\psi + 1} \right|$$

وبوضع جا  $\psi = \phi$  في الكسر الثاني للتكامل

$$\int_0^{\phi} \frac{1}{\phi^2 - 1} d\phi - \int_0^{\psi} \frac{1}{\psi^2 - 1} d\psi = \frac{1}{2} \ln \left| \frac{\phi - 1}{\phi + 1} \right| - \frac{1}{2} \ln \left| \frac{\psi - 1}{\psi + 1} \right|$$

$$= \frac{1}{2} \ln \left| \frac{\phi - 1}{\phi + 1} \right| - \frac{1}{2} \ln \left| \frac{\psi - 1}{\psi + 1} \right|$$

ويكتب أيضا على الصورة

$$= \frac{1}{2} \ln \left| \frac{\phi - 1}{\phi + 1} \right| - \frac{1}{2} \ln \left| \frac{\psi - 1}{\psi + 1} \right|$$

ولتصغير حجم الخريطة حتى تقترب أبعادها من الأبعاد الحقيقية على الأرض تصبح

$$ص = \phi_0 \left[ \text{لو ظا} \left( \frac{\psi}{2} + \frac{\tau}{4} \right) - \text{ف لو ظا} \left( \frac{\psi}{2} + \frac{\tau}{4} \right) \right]_{\text{ه}}$$

$$\text{أو } ص = \phi_0 \left[ \text{لو} (\phi \text{ ظا} + \phi \text{ قا}) - \text{ف لو} (\psi \text{ ظا} + \psi \text{ قا}) \right]_{\text{ه}}$$

حيث  $\phi$  هو العرض الأوسط في الخريطة

$$\text{وبالطبع } ص = \phi_0 \cdot \Delta \lambda$$

مثال :

خريطة ممسطة مركبتور يمددها شمالا العرض  $58^\circ$  شمال وجنوبا العرض  $36^\circ$  شمال . ويمدها شرقا الطول  $10^\circ$  غرب ويمدها غربا الطول  $48^\circ$  غرب والمقياس ١ : ٢ مليون

$$\text{الاتساع الطول } \Delta \lambda = 48 - 10 = 38^\circ \text{ طولية}$$

$$\text{العرض الأوسط } = 47^\circ$$

$$\frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} (47^\circ \text{ حـ} 47^\circ \text{ جـ}) \right) = (47^\circ \text{ نق})$$

$$= 430789226 \text{ متر}$$

$$430789226 = 21778946 \text{ سم بالمقياس المطلوب}$$

$$\frac{\text{ط}}{180} \times 85 \times 47^\circ \text{ نق} = \text{امتداد الخريطة مع درجت الطول}$$

$$= 1445013 \text{ سم}$$

$$27762357 = 36^\circ \text{ حـ} = 36^\circ \text{ نق}$$

$$39987163 = 58^\circ \text{ حـ} = 58^\circ \text{ نق}$$

العنصر المركب توري من الاستواء إلى العرض  $36^\circ$

$$\left[ \left( \frac{27762357}{2} + 40 \right) \text{ ف لو ظا هـ} - \left( \frac{36}{2} + 40 \right) \text{ ف لو ظا هـ} \right] = 0.670329 =$$

العنصر المركب توري من الاستواء إلى العرض  $58^\circ$

$$\left[ \left( \frac{39987163}{2} + 40 \right) \text{ ف لو ظا هـ} - \left( \frac{58}{2} + 40 \right) \text{ ف لو ظا هـ} \right] =$$

$$12234502 =$$

امتداد الخريطة مع درجات العرض

=  $\Delta \varphi$  فرق العنصرين المركبتوريين

$$= \Delta \varphi (12434502 - 12434509 - 0.67) = 12434508.33$$

العنصر المركبتورى

يوضح من المثال السابق أن العنصر المركبتورى من الاستواء إلى العرض  $\Phi$  ثابت القيمة ويأوى

$$\text{لوظا } (\Phi + 45) - \text{فى لوظا } (\Psi + 45)$$

هـ هـ

وعلى ذلك يمكن وضع تلك القيم فى صورة جدول يستخدم بصفة دائمة  
لحساب الما قط .

جدول المناصر البركتورية من الاستواء إلى المرض  $\Phi$

$$\sin \text{لو ظا} (\frac{\Phi}{2} + 45) - \text{ف لو ظا} (\frac{\Phi}{2} + 45)$$

المرض $\Phi$	المناصر البركتورية	المرض $\Phi$	المناصر البركتورية	المرض $\Phi$	المناصر البركتورية
٢	٧٩٠٧	٢٢	٥١٨٣	٤٢	٦٤٣٦
٤	-١٠٠	٢٤	٥٩٣٧	٤٤	٢٧٥٥
٦	-٨٩٤	٢٦	٦٤٤٠	٤٦	٣٣٩٧
٨	٤٦٦٠	٢٨	٣٤٦٣	٤٨	٦٤٧٦
١٠	٥٨٣٩	٣٠	٤٢٩٣	٥٠	٢٦٥٣
١٢	٨٩٨٤	٣٢	٦٨١٨	٥٢	٥٦٧٩
١٤	٨٧٩٣	٣٤	٩٦٢١	٥٤	٣٠٤٨
١٦	٥١٢١	٣٦	٢٠٩٢	٥٦	٦٨٧٥
١٨	٨٠٤١	٣٨	٢٧١٣	٥٨	٥٠٢٤
٢٠	٧٨٦٢	٤٠	٨٤٣٩	٦٠	٢٦٠٨

المسقط الاستريوج—رافى

للأرض الشبه كرويه

يستخدم هذا المسقط للخرائط المساحية لدولة صغيرة المساحة ، أى صغيرة الامتداد مع درجات الطول ومع درجات العرض .

ويتم اتخاذ مركز الخريطة عند نقطة تقع عند مركز الدالة .

وفى هذه الحالة يمكن اعتبار أن سطح الأرض على شكل كرة وان نظم راية أخطاء طالما لا تبتعد كثيرا عن مركز الخريطة .

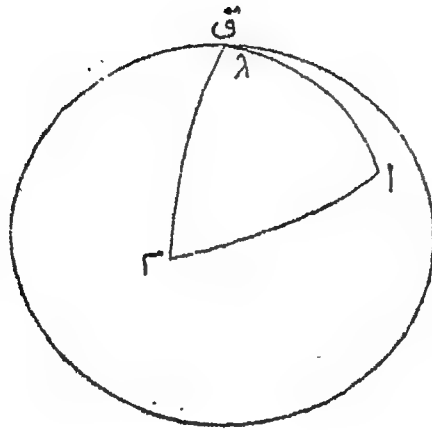
ويكون نصف قطر الكرة ( نق ) فى هذه الحالة مساويا للجذر التربيعى لحاصل ضرب نصف قطر انحناء خط الطول (  $p$  ) فى نصف قطر الانحناء العمود (  $v$  ) ، وذلك عند مركز الخريطة

$$\overline{v \cdot p} \quad \text{نق} =$$

ويتم الحصول على قيم كل من  $v$  ،  $p$  من الجداول السابقة إما مباشرة أو بطريق الاستكمال ( التحشية ) أو بحسابها فى حالة المروطن الغير مبينة فى الجداول .

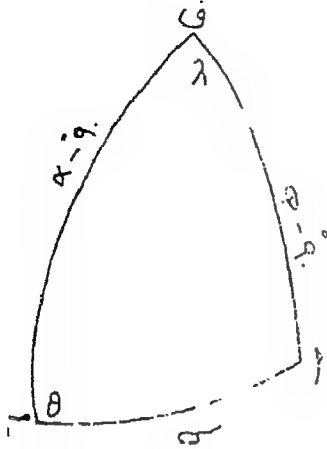
$$\frac{1}{\sqrt{1 - \phi^2 \cos^2 \theta}} = v \quad \frac{(1 - \phi^2 \cos^2 \theta)}{\sqrt{1 - \phi^2 \cos^2 \theta}} = p$$

$$\frac{\frac{1}{2}(\phi - 1)}{(\phi^2 - 1)} = \sqrt{p \cdot v} = \text{نق}$$



شكل ١٠١

- إذا كانت م مركز الخريطة الواقعة عند العرض  $\alpha$ .
- وكانت ا إحدى نقط الهيكل الجغرافي الواقعة عند العرض  $\phi$ .
- وكانت الزاوية عند القطب ق بين خطي طول م ، ا هي  $\lambda$ .
- يمكن حساب قيمة الضلع م ا بالدرجات ( $\sigma$ ) وذلك من المثلث المكروى ق م ا . وكذلك يمكن حساب قيمة زاوية الاتجاه  $\theta$  (زاوية ق م ا) .
- في حالة المثلثات الصغيرة يمكن الحصول على قيمة زاوية الاتجاه  $\theta$  أولاً من العلاقة



$$\text{ظا } \theta = \text{جتا } \alpha \cdot \text{ظا } \phi - \text{حا } \alpha \cdot \text{جتا } \lambda$$

ثم نحصل على قيمة  $\sigma$  من العلاقة

$$\text{حا } \sigma = \frac{\text{جتا } \lambda \cdot \text{جتا } \phi}{\text{حا } \theta}$$

شكل ١٠٢

### معادلات المسقط

يمكن تشبيه المسقط في هذه الحالة بالحسالة القطبية ( انظر صفحة ٨٧ ) .  
حيث تظهر نقطة  $\lambda$  على المسقط على مسافة  $\lambda$

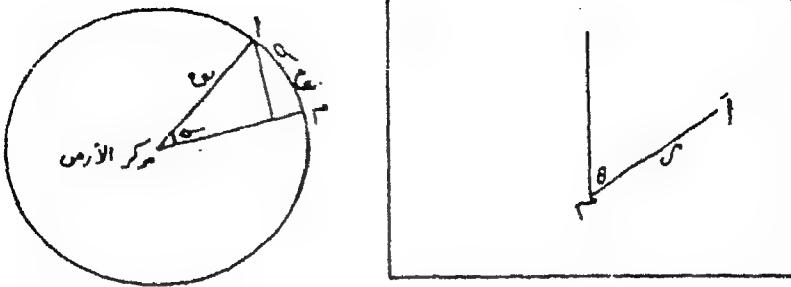
$$\lambda = \lambda' = \frac{\phi - \theta}{2} \quad \text{نق ظا } \lambda = \frac{\lambda}{2} \quad \text{نق ظا } \sigma = \frac{\sigma}{2}$$

ويظهر زاوية الاتجاه  $\theta$  بدون تغيير .

أما المعالجة الرياضية لمعادلات المسقط فتتم كالآتي :

طول القوس  $\lambda$  على الأرض = نق .  $\sigma$  حيث  $\sigma$  الزاوية عند مركز الأرض .

طوله المستقيم  $\lambda'$  على المسقط =



شكل ١٠٣

زاوية الاتجاه  $\theta$  تظل كما هي بدون تغيير

$$\frac{\sin \Delta \sigma}{\sin \Delta \theta \cdot \cos \sigma} = \frac{\sin \Delta \sigma}{\sin \Delta \theta}$$

للتشابه

$$\left[ \frac{\cos \sigma}{\cos \theta} \right] = \left[ \frac{\cos \sigma}{\cos \theta} \right]$$

$$\cos \sigma = \cos \theta + \frac{\sigma}{2} \text{ ثابت } (\theta)$$

$$\cos \theta = \frac{\sigma}{2}$$

وهندما تكون  $\sigma$  صغيرة تكون  $\cos \theta = \cos \sigma$

$$\frac{\sigma}{2} = \frac{\sigma}{2} \text{ ويكون ظا}$$

$$\text{نق } \sigma = \text{ث. م. } \frac{\sigma}{\gamma} \text{ ومنها ث } = \gamma \text{ نق}$$

$$\text{وتصبح م } = \gamma \text{ نق ظا } - \frac{\sigma}{\gamma}$$

### التوقيع :

لسهولة توقيع النقط تستخدم الاحداثيات المتعامدة وتلخذ نقطة الاصل عند مركز الخريطة ويكون خط طول نقطة الاصل محسورا لاصادات والمعدى عليه محورا للميقات وتكون

$$\text{س } = \text{م } = \text{جا } \theta = \gamma \text{ نق ظا } - \frac{\sigma}{\gamma} \text{ جا } \theta$$

$$\text{ص } = \text{م } = \text{جتا } \theta = \gamma \text{ نق ظا } - \frac{\sigma}{\gamma} \text{ جتا } \theta$$

### مثال :

مركز الخريطة عند العرض  $48^\circ$  شمال والطول  $16^\circ$  شرق.

مقياس الرسم ١ : ٢٥٠٠٠٠٠

$$\text{نق } = \sqrt{v^2 + w^2} = 60034 \text{ م } 6380$$

$$= 2552240 \text{ سم بالمقياس المطلوب}$$

لحساب المسافات والاتجاهات (  $\sigma$  و  $\theta$  ) من مركز الخريطة إلى النقطة  
( عرض  $١٩^\circ$  شمال ، طول  $١٧^\circ$  شرق )  $\lambda = ٨$

$$\theta = \text{زاوية} ١ = \frac{\text{حـا } ١}{\text{حـا } ٤٨^\circ \text{ ظا } ٤٩^\circ - \text{حـا } ٤٨^\circ \text{ جتا } ١^\circ} = ٢٣١٥٥٨^\circ$$

$$\sigma = \text{جـا } ١ = \frac{\text{حـا } ١^\circ \text{ جتا } ٤٩^\circ}{\text{حـا } ٢٣١٥٥٨^\circ} = ١١٩٩٥٩^\circ$$

وبتكرار هذا العمل مع باقى النقط المطلوبة لتشكيل الهيكل الجغرافى نحصل  
على الجدول الآتى :

الانجاسات والمسافات

٧٤		٧٣		٧٢		عرض طول
مسافة	انجاس	مسافة	انجاس	مسافة	انجاس	
١٠٠٠٠	٠٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠	—	٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠٠	١٦
١١٩٩٦	٢٣١٥٥٨	١٦٦١١	٨٩٦٢٨٤	٢٠٢١٠٤	١٤٥٧٠٦١	١٧
١٦٦٠١	٥٢٢١٦٦	١٢٢٨٧	٨٩٢٥٦٨	٦٠٧٨٠٩	١٢٥٧٦٤٤	١٨

### ولحساب الاحداثيات المتعامدة

نتخذ نقطة الاصل عند مركز الخريطة (عرض  $48^\circ$  شمال ، طول  $16^\circ$  شرق)  
ونتخذ محور المصادات على خط الطول  $16^\circ$  شرق والعمودي عليه محورا للميانات

وتكون معادلات التحويل من الاحداثيات القطبية (إتجاه  $\theta$  ومسافة  $\sigma$ )  
إلى الاحداثيات المتعامدة (س ، ص) كالآتي :

$$س = \sigma \cos \theta \quad \text{ص} = \sigma \sin \theta$$

$$س = \sigma \cos \theta \quad \text{ص} = \sigma \sin \theta$$

النقطة (عرض  $49^\circ$  شمال ، طول  $17^\circ$  شرق)

$$س = 2 \times 255224 \times \frac{11996}{2} \times \cos 17^\circ = 331558 \times \frac{11996}{2} = 2992262 \text{ سم}$$

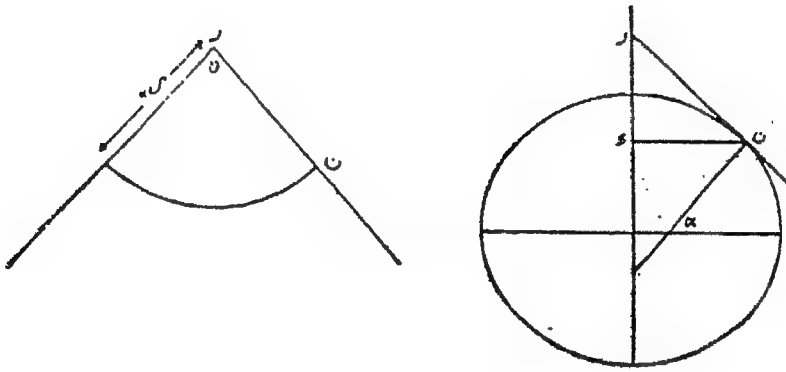
$$ص = 2 \times 255224 \times \frac{11996}{2} \times \sin 17^\circ = 331558 \times \frac{11996}{2} = 447377 \text{ سم}$$

وبتكرار هذا العمل نحصل على قائمة الاحداثيات الآتية :

قائمة الاحداثيات المتأخذة

٤٩°		٤٨°		٤٧°		عرض طول
س	د	س	د	س	د	
٤٤٠٤٦١	٠٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠٠	٠٠٠٠٠٠	٤٤٠٤٦١ —	٠٠٠٠٠٠٠٠	١٦
٨٨٧٣٧٧	٢٩٠٢٢٦٨	٠٠١٩٣٣	٢٩٠٨٠٤٨	٤٤٠٤٥٨ —	٢٠٠٢٨٠٢	١٧
٤٥٠٣١٠٢	٥٨٠٤٤٨٥	٠٠٧٧٢٢	٥٩٠٦٠٧٨	٤٣٠٧٦٤٥ —	٦٠٠٧٦٠٥	١٨

المسقط المخروطى التثابى  
أو  
مسقط لامبرت المخروطى التثابى  
للارض الشبه كرويه



شكل ١٠٤

يرسم مخروط التماس حول دائرة العرض الرئيسى  $\alpha$  .

وإنكون زاوية رأس المخروط  $\theta = \lambda \cdot \text{حا} \cdot \alpha$

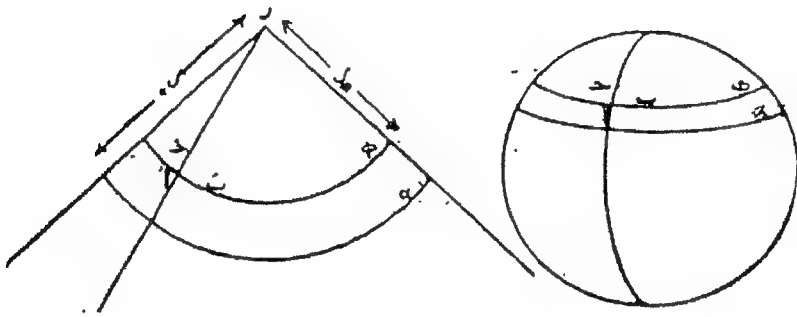
كما يكون نصف قطر قوس دائرة العرض الرئيسى على المسقط

$$م.ا = ر.ن = \frac{ن.س}{\alpha \cdot \text{حا}} = \frac{س.ن}{\alpha \cdot \text{حا}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha \cdot \text{حا}} - 1} \cdot \text{ظنا } \alpha$$

ويمكن الحصول على هذه القيمة باستخدام الجدول فى صفحة ٢٢٢ الذى يعطى  
أنصاف أقطار دوائر العرض .

وبعد ذلك ترسم أقواس دوائر العرض الأخرى من مراآئزها عند رأس  
المخروط ( ر ) وبحيث تحقق خاصية التشابه أى بحيث تعطى تناصبا فى الأبعاد .

وللحصول على قيمة نصف قطر دوائر العرض  $\phi$  على المسقط ( م ) .



شكل ١٠٥

١ ، ب نقطتان على دائرة العرض  $\phi$  على سطح الأرض وتبعدان عن بعضها  
بزاوية طول صغيرة مقدارها  $\Delta \lambda$  .

ونقطة ح على خط طول  $\lambda$  وتبعد عن ا بزاوية عرض صغيرة مقدارها  
 $\Delta \phi$  .

ونفرض أن ا ، ب ، ح هي نقاط ا ، ب ، ح

ونفرض أن قيمة نصف قطر دائرة العرض  $\phi$  على المسقط م

$$ا ب = \Delta \lambda \cdot \rho$$

$$ا ح = \Delta \phi \cdot \rho$$

$$\nu \Delta - = \alpha'$$

$$\theta \Delta \cdot \nu = \alpha''$$

$$\alpha \Delta \cdot \lambda \Delta = \theta \Delta$$

$$\frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{\alpha''}{\alpha} \quad \text{خاصية التشابه تعطي}$$

$$\frac{\theta \Delta \cdot \nu}{\lambda \Delta \cdot \phi \Delta} = \frac{\nu \Delta -}{\phi \Delta \cdot \rho}$$

$$\alpha \Delta \cdot \lambda \Delta = \theta \Delta \quad \text{وبالتعويض عن } \theta \Delta$$

$$\frac{\alpha \Delta \cdot \phi \Delta \cdot \rho}{\phi \Delta} = \frac{\nu \Delta}{\nu}$$

$$\phi \Delta \frac{\frac{1}{2}(\phi^2 \alpha - 1)}{\phi \Delta} \times \frac{\alpha(1 - \phi^2)}{\frac{1}{2}(\phi^2 \alpha - 1)} =$$

$$\phi \Delta \frac{(1 - \phi^2) \alpha}{(\phi^2 \alpha - 1) \phi \Delta} =$$

$$\times \left[ \frac{\phi^2}{\alpha \phi^2 - 1} - \frac{1}{\phi^2 \alpha - 1} \right] \alpha \Delta = \frac{\nu \Delta}{\nu}$$

$$\phi \Delta \cdot \phi \Delta$$

وباجراء التكامل

$$\times \left( \frac{f^2}{\phi^2 \alpha^2 - 1} \times \frac{1}{\phi^2 \alpha^2 - 1} \right) \int_{\alpha}^{\phi} \alpha \, d\alpha = \frac{\sqrt{\phi}}{\sqrt{\alpha}} \int_{\alpha}^{\phi} \alpha \, d\alpha$$

جنا . . و  $\phi$

وبوضع  $\alpha = f$  في التكسر الثاني للتكامل

وكذلك  $\alpha = \psi$  ف  $\alpha = \psi$  ينتج أن

$$\psi \frac{f \, \text{جنا}}{\phi^2 \alpha^2 - 1} \int_{\psi}^{\phi} \alpha \, d\alpha + \phi \frac{\psi \, \text{جنا}}{\phi^2 \alpha^2 - 1} \int_{\alpha}^{\phi} \alpha \, d\alpha = \frac{\sqrt{\phi}}{\sqrt{\alpha}} \int_{\alpha}^{\phi} \alpha \, d\alpha$$

$$\int_{\alpha}^{\phi} \left[ \left( \frac{\phi}{\alpha} + \frac{\alpha}{\phi} \right) \log \alpha \right] \alpha \, d\alpha = \int_{\alpha}^{\phi} \left[ \log \alpha \right] \alpha \, d\alpha$$

$$+ \int_{\psi}^{\phi} \left[ \left( \frac{\psi}{\alpha} + \frac{\alpha}{\psi} \right) \log \alpha \right] \alpha \, d\alpha$$

$$\left[ \begin{array}{c} \text{ظا} \left( \frac{\phi}{2} + \frac{\tau}{4} \right) \\ \text{ظا} \left( \frac{\alpha}{2} + \frac{\tau}{4} \right) \end{array} \right] \text{ لو} = \frac{\phi}{\alpha} \text{ حـ} \alpha$$

$$\left[ \begin{array}{c} \text{ظا} \left( \frac{\psi}{2} + \frac{\tau}{4} \right) \\ \text{ظا} \left( \frac{\psi}{2} + \frac{\tau}{4} \right) \end{array} \right] \text{ لو} + \text{حـ} \alpha$$

$$\alpha \text{ حـ} \times \left[ \begin{array}{c} \text{ظا} \left( \frac{\alpha}{2} + \frac{\tau}{4} \right) \\ \text{ظا} \left( \frac{\phi}{2} + \frac{\tau}{4} \right) \end{array} \right] = \phi$$

$$\alpha \text{ فـ} \left[ \begin{array}{c} \text{ظا} \left( \frac{\psi}{2} + \frac{\tau}{4} \right) \\ \text{ظا} \left( \frac{\psi}{2} + \frac{\tau}{4} \right) \end{array} \right]$$

وكلامه يبين في المناقطة المخروطية المرسومة بمقياس كبيره يتم حساب  
الاحداثيات المتعامدة للنقط التي تمثل الهيكل الجغرافي .

وتتكون نقطة الأصل عند تقاطع الطول الأوسط مع العرض الرئيسي

وتتكون من :  $\phi$  ح  $\lambda$  حيث  $\alpha \cdot \lambda = \lambda$

$$\text{و } \psi = \alpha - \phi \text{ ح } \lambda$$

مثال : مسقط لامبرت المخروطي النشائي بقياس ١ : ٢٠٠.٠٠٠ فيه  
العرض الرئيسي ٣٠° شمال الطول الأوسط ٣٧° شرق .

ثابت المخروط = جا ٣٠ = ٥٠

$$\text{الطول } ٢٨^\circ \text{ شرق } \lambda = ١ \quad \psi = \lambda = ٥٠$$

$$\text{د } ٢٩^\circ \quad \psi = \lambda = ٥٠ \quad \psi = \lambda = ٥٠$$

$$\frac{-100}{200000} \times \frac{552849372}{50} = \frac{30.3}{30.1} = \psi$$

$$= 55284947 \text{ سم}$$

$$\text{العرض } ٣١^\circ \quad \psi = \lambda = ٥٠ \text{ ح } ٣٠ \quad \psi = ٣٠ \text{ ح } ٣٠ = ٥٠$$

$$\psi = ٣١ \text{ ح } ٣١ = ٥٠ \quad \psi = ٣١ \text{ ح } ٣١ = ٥٠$$

$$\psi = \psi_1 \quad \times \left[ \begin{array}{c} \frac{30}{\left(\frac{30}{2} + 45\right)} \text{ ظا} \\ \frac{31}{\left(\frac{31}{2} + 45\right)} \text{ ظا} \end{array} \right]$$

$$\text{ف.ح.ا} \left[ \frac{\left( \frac{22420207}{2} + 40 \right) \text{ظا}}{\left( \frac{22349000}{2} + 40 \right) \text{ظا}} \right]$$

$$1000000.6 \times 0.98992282 \times 0.02884937 =$$

$$= 54730.92 \text{ سم}$$

$$\text{العرض } 29^\circ \quad \psi = 1\text{-ح.ا} \text{ ف.ح.ا} \quad \psi = 22349000$$

$$\psi = 2278131 \text{ ف.ح.ا} \quad \psi = 29\text{-ح.ا}$$

$$\text{ح.ا} \left[ \frac{\left( \frac{30}{2} + 40 \right) \text{ظا}}{\left( \frac{29}{2} + 40 \right) \text{ظا}} \right] \times \text{م.م.ا} = \text{م.م.ا}$$

$$\text{ف.ح.ا} \left[ \frac{\left( \frac{2278131}{2} + 40 \right) \text{ظا}}{\left( \frac{22349000}{2} + 40 \right) \text{ظا}} \right]$$

$$0.99994886 \times 1001007717 \times 0.02884937 = \text{م.م.ا}$$

$$= 55829197 \text{ سم}$$

ويمكن الحصول على الاحداثيات المتعامدة لنقط الهيكل الجغرافي وتكون  
الاحداثيات منسوبة الى محورين :

المصادات وينطبق على خط الطول الأوسط ٢٧° شرق وتقع نقطة الأصل عند العرض الرئيسي ٣٠° س .

النقطة: (عرض ٣١° شمال ، طول ٢٨° شرق)  $\lambda = 1^\circ$  و  $\lambda' = 0.0$

$$س = س_{٣١} \text{ ح } \lambda = ٥٤٧٣٢.٥٩٢ \text{ ح } ٠.٠ = ٤٧٧٦٠.٨ \text{ سم}$$

$$ص = ص_{٣٠} - س_{٣١} \text{ ح } \lambda' = ٥٥٢٨٧.٤٩٣٧ - ٤٧٣٢.٥٩٢ = ٥٠٥٥٤.٩٠١٧ \text{ سم}$$

$$= ٥٥٥٦٤٢٩ \text{ سم}$$

وبتكرار هذا العمل لباقي نقاط المحيط لكل الجغرافى نحصل على الاحداثيات المبينة في الجدول الآتى :

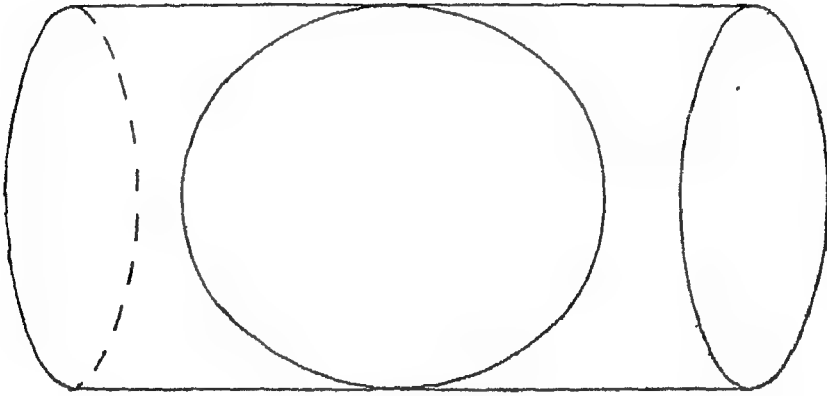
٢١	٣٠	٢٩	عرض / طول	
			س	ص
صفر	صفر	صفر	س	ص
٥٥٥٦٤٢٩	صفر	٥٥٥٦٤٢٩	ص	٢٧
٤٧٧٦٠.٨	٤٨٧٢٤٤٦	٤٨٧٢٨٣	س	ص
٥٥٥٦٤٢٩	٠.٢١٠٥	٥٥٢١٣٤	ص	٢٨
٩٥٥٥١٨١	٩٦٥٨٥٥	٩٧٤٥٢٨	س	ص
٥٦٢٦٨١	٠.٨٤٢٠	٥٤٥٧٥٥	ص	٢٩

مسقط مركبتور المستعرض

الأرض الشبه كروية

أو

مسقط جيباوس النشأى

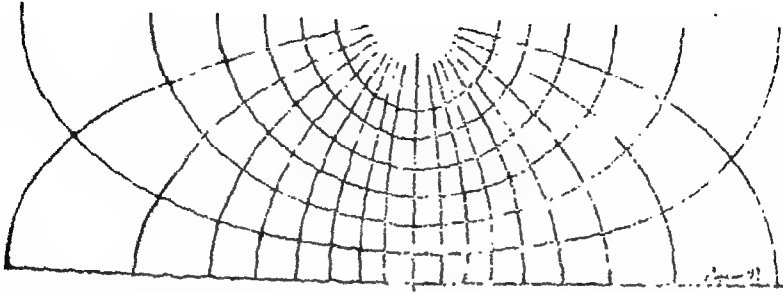


شكل ١٠٦

ينتج هذا المسقط بطريقة مشابهة لمسقط مركبتور ولكن تكون اسطوانة القياس في وضع مستعرض — أى تمس سطح الأرض حول أحد خطوط الطول

في هذه الحالة يعطى خط طول القياس إلى خط مستقيم رأسى مساوئ في طوله محيط خط الطول على سطح الأرض . ويتم إسقاط باقى المعالم بطريقة التشابه فيأخذ الهيكل الجغرافى الشكل المبين فى الصفحة المقابلة .

والرياضيات العالية تعطى المعادلات المستخدمة لإنشاء المسقط بطريقة مختصرة وجيدة :



شكل ١٠٧

في هذا المسقط سنستخدم محور السينات رأسياً نحو الشمال ونطبقها على خط طول الخامس (خط الطول الأوسط)، كما هو متبع في أعمال المساحة بصفة عامة وفي المساحة المصرية بصفة خاصة والتي كانت رائدة بين دول العالم في تطبيق هذا المسقط على أعمالها المساحية.

ويكون محور الصادات عمودياً على محور السينات ومتجهاً نحو الشرق وذلك عند نقطة اختيارية على محور السينات.

#### الدوال المترافقة

إذا كانت  $s$ ،  $v$  دالتين حقيقيتين للمتغيرين  $u$ ،  $w$  وأممكن تعريفها بالعلاقة  $s + v = d(u + w)$  حيث  $y = \sqrt{1 - u^2}$  فإنه يقال أن  $s$ ،  $v$  دالتين مترافقتين.

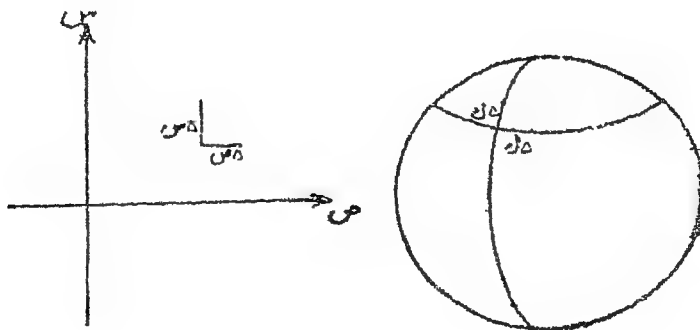
والخواص المميزة للدوال المترافقة والتي من أجلها تستخدم في الوصول إلى معادلات المساقطة التشابهية هي:

١ — كل منحنى نحصل عليه عندما تكون  $\phi$  ثابتة القيمة ، بينما  $\lambda$  تكون متغيرة ، يتقاطع عموديا مع جميع المنحنيات التي نحصل عليها عندما تكون  $\lambda$  ثابتة ، بينما  $\phi$  تكون متغيرة .

٢ — تكون النسبة ثابتة بين أي مسافة صغيرة على السطح الذي يشمل  $\phi$  ،  $\lambda$  ، والمسافة الصغيرة المناظرة على السطح الذي يشمل  $\phi$  ،  $\lambda$  ؛ وذلك حول أي نقطة .

### تطبيق الدوال المترافقة على المسافة: التشابهية

$\phi$  ،  $\lambda$  هما الاحداثيان المتعامدان على سطح الخريطة وذلك بالنسبة للمحورين السابق الاتفاق عليهما . ولكن لا يمكن اعتبار  $\phi$  ،  $\lambda$  على انهما الاحداثيان  $\phi$  ،  $\lambda$  على سطح الأرض لأن  $\phi$  على سطح الأرض لا تسمى  $\phi$  في طولها .



شكل ١٠٨

إذا كانت  $\lambda$  المسافة على خط الطول

وكانت  $ل$  المسافة على دائرة العرض

تمكتب العلاقة العامة للمسقط التشابهي على الصورة

$$(س + ي ص) = د (ك + ل)$$

$$\frac{\Delta ك}{\Delta ل} = \frac{\Delta س}{\Delta ص} \quad \text{للتناسب بين الأطوال المتناظرة يكون}$$

$$\frac{\Delta س}{\Delta ص} = \frac{\phi \Delta \rho}{\lambda \Delta \phi} \quad \text{حيث } \rho \text{ هو نصف قطر الانحناء لخط الطول ،}$$

$\phi$  هي نصف قطر دائرة العرض  $\phi$  على سطح الأرض .

$$\frac{\Delta س}{\Delta ص} = \frac{\Delta ط}{\lambda \Delta} \quad \text{حيث } \Delta ط = \frac{\phi \Delta \rho}{\phi}$$

$$\text{وبذلك تكون } \Delta ط \text{ دالة في المتغير } \phi \text{ وحده ، } \Delta ط = \left( \frac{\rho}{\phi} \right) \phi$$

وتمكتب العلاقة العامة بالصورة

$$س + ي ص = \sigma (ط + ل ي \lambda)$$

وباستخدام مفكر ك تايلور

$$س + ي ص = \sigma (ط) + ي \lambda \sigma (ط) - \frac{\sigma'' (ط) \lambda^2}{2} - \dots$$

$$\dots + (\sigma)^{(r)} \frac{\tau_{\lambda}}{r_{\lambda}} \dots$$

وبمساراة الاجزاء الحقيقية والاجزاء التخيلية في كلا الطرفين

$$\dots - (\sigma)^{(1)} \frac{\tau_{\lambda}}{r_{\lambda}} + (\sigma)^{(2)} \frac{\tau_{\lambda}}{r_{\lambda}} - (\sigma) = \dots$$

$$\dots - (\sigma)^{(1)} \frac{\tau_{\lambda}}{r_{\lambda}} + (\sigma)^{(2)} \frac{\tau_{\lambda}}{r_{\lambda}} - (\sigma) = \dots$$

### مقطع مركب المستعرض

للحصول على  $(\sigma)$  ومشتقاتها نأخذ الحالة التي ينطبق فيها محور السينات على خط الطول الأوسط أي عندما  $\lambda = 0$  صفر في هذه الحالة تكون  $(\sigma)$

وقد قطع مركب المستعرض تكون  $(\sigma)$  هي المسافة على خط الطول الأوسط

$$\int_{\sigma}^{\phi} \sigma \cdot \rho = \phi$$

$$\int_{\sigma}^{\phi} \sigma \cdot \rho = \phi = (\sigma) \sigma$$

$$\sigma = (\sigma) \sigma$$

$$\frac{\phi_s}{\phi_s} \cdot \frac{(\phi_s)^s}{\phi_s} = (\phi)^s$$

بوضع نق  $\phi = \frac{1 \text{ جتا } \phi}{\frac{1}{2} (\phi^2 \text{ جا } \phi - 1)}$  ثم بفاصلتها بالنسبة الى  $\phi$

وبوضع  $\frac{\phi \phi}{\rho} = \frac{\phi}{\phi}$  ينتج أن

$$(\phi)^s = - \phi \phi \text{ جا } \phi$$

وبتكرار عملية التفاضل

$$(\phi)^s = - \phi \phi \text{ جا } \phi - \frac{\phi \phi \text{ جتا } \phi}{\rho} (\phi^2 \text{ جا } \phi - 1)$$

وتكون معادلات التحويل المطلوبة هي

س = طول القوس على خط الطول من الاستواء الى العرض  $\phi$

$$+ \frac{\phi^2 \lambda}{2} + \phi \phi \text{ جا } \phi + \frac{\phi^2 \lambda}{4} + \text{نق } \phi (\phi \text{ جتا } \phi - \phi^2 \text{ جا } \phi) + \dots$$

$$\text{ص} = \frac{\phi^2 \lambda}{2} + \text{نق } \phi (\phi \text{ جتا } \phi - \frac{\phi \phi \text{ جتا } \phi}{\rho}) + \phi^2 \text{ جا } \phi + \dots$$

$$\frac{\phi^2 \lambda}{2} + \text{نق } \phi (\phi \text{ جتا } \phi - \phi^2 \text{ جا } \phi + \phi^2 \text{ جتا } \phi + \phi^2 \text{ جا } \phi) + \dots$$

مثال : لايوجد احداثيات النقطة الواقعة عند تقاطع العرض ٣٠° شمال والطول ٣٢° شرق باعتبار خط الطول الأوسط ٣١° شرق .

$$\rho = \frac{\text{ط}}{180} = 1 = 31 - 32 = \lambda$$

$$\text{نق.} \rho = 49372 \text{ } 5528 \text{ متر}$$

$$\text{طول قوس خط الطول من الاستواء الى العرض } 30^\circ = 161170 \text{ } 3220$$

$$\text{مس} = 161170 \text{ } 3220 + \left( \frac{\text{ط}}{180} \right)^2 \times \frac{1}{2} \times \text{نق.} \rho \text{ جا } 30^\circ$$

$$+ \left( \text{نق.} \rho \left( \frac{\text{ط}}{180} \right) \times \frac{1}{4} \times (\text{جا } 30^\circ - \text{جتا } 30^\circ) \right)$$

$$= 161170 \text{ } 3220 + 4210.2 + 0.7 =$$

$$= 161170 \text{ } 3220 \text{ متر}$$

$$\text{مس} = \left( \frac{\text{ط}}{180} \right) \times \text{نق.} \rho$$

$$+ \left( \frac{\text{ط}}{180} \right)^3 \times \frac{1}{24} \times \left( \text{نق.} \rho \text{ جتا } 30^\circ - \frac{\text{نق.} \rho \text{ جتا } 30^\circ}{\rho} \right)$$

$$+ \left( \frac{\text{ط}}{180} \right)^4 \times \frac{1}{80} \times (\text{نق.} \rho (\text{جا } 30^\circ - \text{جتا } 30^\circ))$$

$$+ (\text{جا } 30^\circ)$$

$$= 49089 \text{ } 46 + 2747 + \text{الحد الثالث صغير}$$

$$= 49289 \text{ } 96$$

## تطبيق مخطط مركبتور المستعرض في المساحة المصرية

ترتبط شبكة المثلثات الرئيسية في مصر بمساحات العمران التي تنحصر في منطقة وادي النيل والدلتا. وتعرف النقط الجيوديسية في هذه الشبكة بأحداثياتها الجغرافية ( $\lambda, \phi$ ) ومن بين المساحات النشائية تم اختيار مخطط مركبتور المستعرض لتمثيل مصر على الخرائط المساحية .

وكان واضحاً أن خط الطول الأوسط المناسب هو خط الطول  $31^\circ$  شرق الذي يمر في وادي النيل والدلتا والذي يتوسط مصر من ناحية الامتداد مع درجات الطول من  $25^\circ$  الى  $36^\circ$  شرق جرينتش.

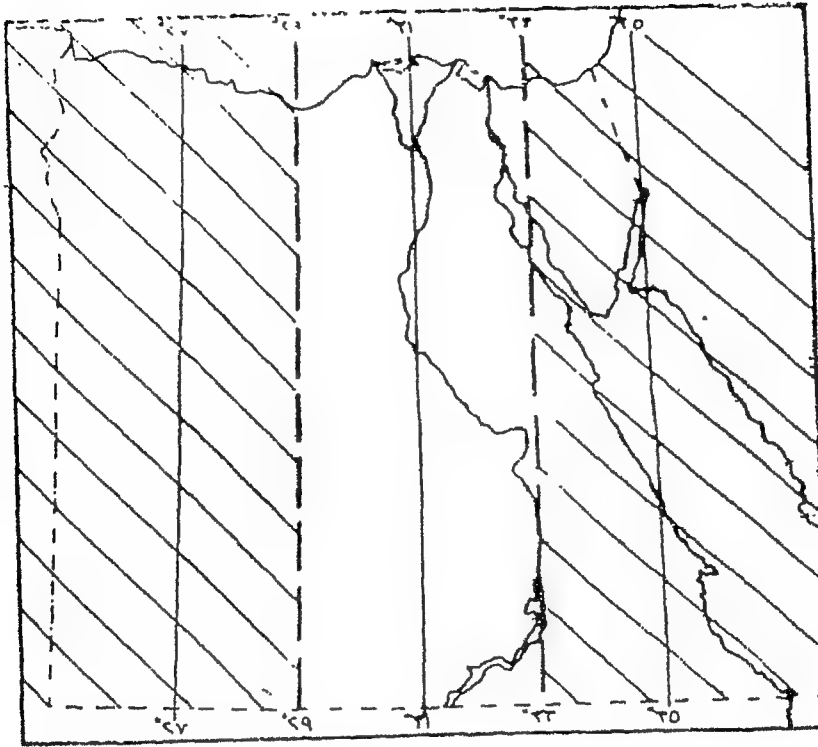
والمعروف أن النشوية في شكل المعالم المرسومة على الخريطة يأخذ مكانه في مخطط مركبتور المستعرض كلما ابتعدنا عن خط الطول الأوسط - الحالي من النشوية - ويتزايد النشوية ويصبح ملوساً (حسايباً) بعد درجتين طوليتين .

لذلك قسمت مصر الى ثلاثة شرائح طولية وتم رسم كل شريحة منها على حدة كالآتي :

١ - الشريحة الاولى تمتد من الطول  $25^\circ$  الى  $29^\circ$  شرق بخط طول أوسط  $27^\circ$  . لتغطي منطقة الصحراء الغربية .

٢ - الشريحة الثانية تمتد من الطول  $29^\circ$  الى  $33^\circ$  شرق بخط طول أوسط  $31^\circ$  ، لتغطي وادي النيل والدلتا .

٢ - الشريحة الثالثة وتمتد من الطول ٣٣° الى ٣٦° شرق بخط طول  
أوسط ٣٥° ، تغطي ميناء وبعض اجزاء الصحراء الشرقية .



شكل ١٠٩

تعديل الاحداثيات

وكما سبق يتبين أن الاحداثى المسمى ( فى اتجاه الشمال ) لآى موقع على مسقط  
مركبتور المستعرض يتضمن طول المسافة على خط الطول من الاستواء الى هذا  
الموقع . وفى حالة مصر تصل هذه المسافة الى حوالى ٣٠٠٠ كيلو متر . لذلك تم  
اتخاذ نقط الاصل الثلاثة لكل مسقط . المسافات الشرائع الثلاثة عند

العرض ٣٠° شمال . وذلك يقلل من قيمة الاحداثى السينى لجميع النقط بحوالى ٣٠٠٠ كيلو متر .

وحق يمكن تلافى الاحداثيات السينية السالبة للأماكن الواقعة جنوب خط العرض ٣٠° شمال ، أضيف عدد كامل من الكيلومترات الى جميع الاحداثيات السينية ، وفي الوقت نفسه أضيف عدد آخر من الكيلومترات الى الاحداثيات الصادية لجميع النقط حتى لا تكون هناك احداثيات صادية سالبة للنقط الواقعة غرب خط الطول الأوسط . والجدول الآتى يبين هذه التعديلات فى كل من المسافات للمناطق الثلاثة

المنطقة	حدود خطوط الطول	خط الطول الأوسط	الإضافة الكيلومترية للاحداثيات	موقع نقطة الصفر
الصحراء الغربية	من ٢٥ الى ٢٩	٢٧	من ٢٠٠ كم ص ٧٠٠	داخل الأراضي الليبية
وادي النيل والدلتا	من ٢٩ الى ٣٣	٣١	من ٨١٠ ص ٦١٥	بالقرب من الركن الجنوبي الغربى للحدود السياسية
سيناء	من ٣٣ الى ٣٦	٣٥	من ١١٠٠ ص ٣٠٠	داخل الأراضي السودانية

### حساب الاحداثيات في المـاحة المصرية

استخدمت المساحة المصرية شكلا شـبه كرويا لسطح الأرض هو شكل هلمرت ١٩٠٦؛ وذلك قبل أن يتقرر استخدام الشكل الدولي لهايفورد ١٩١٠ .  
وتتم حساب الاحداثيات المتعامدة للمواقع الجيوديسية ولحدود الخرافات على شكل هلمرت . والجدول في صفحة ٢٥٩ يبين بعض العناصر الأساسية لشكل هلمرت مع ذكر القيم المقابلة لها في شكل هايفورد

المقاس	مقياس ١٩٠٦	مقياس ١٩١٠
١ نصف القطر الاستوائي	٦٣٧٨ ٢٠٠ متر	٦٣٧٨ ٣٨٨ متر
٢ نصف القطر القطبي	٦٣٩٦ ٨١٨	٦٣٥٦ ٩١٢
٣ مربع الاختلاف المركزي	٠.٠٠٠٦٦ ٩٣٤٠	٠.٠٠٠ ٦٧٣٢٦٩
٤ نصف قطر الإختتام صبيد الموضع ٣٠	٦٣٥١ ٤٤٢٩٢ متر	٦٥٢١ ٥١٢٥٦ متر
٥ نصف قطر الانحناء المعمودي عند المرض ٣٠	٦٣٨٣ ٥٩٣١٧	٦٣٨٣ ٧٥٤٣٦٩
٦ نصف قطر دائرة المرض ٣٠	٥٥٢٨ ٣١٠.٥٥٥	٥٥٢٨ ٤٩٣٧٣
٧ طول القوس على خط الطول من الاستواء الى المرض ٣٠	٣٣٢٠ ١٤٩١٠	٣٣٢٠ ١٦١٧٠
٨ طول دقيقة واحدة عرضية على خط الطول عند المرض ٣٠	١٨٤٧.٥٥٩	١٨٤٧.٥٨٠

مشار :

على شكل هلمرت المطلوب حساب الاحداثيات المتعامدة ( س ، ص ) للموقع  
الجغرافى ( عرض ٣١° شمال ، طول ٢٠° - ٢٨° شرق ) على شبكة احداثيات  
وادى النيل بخط الطول الاوسط ٣١° شرق

$$\frac{\lambda}{120} = \frac{\phi}{180} \times \frac{\alpha}{2} = 0.150 = 1^{\circ} 30' = \lambda$$

$$6252.418947 = r_1^p \quad 5472.044918 = r_1^q$$

$$3436.011910 = \text{طول قوس خط الطول من الاستواء الى العرض } 31^{\circ}$$

$$2320.149910 = 20^{\circ} \quad , \quad , \quad , \quad ,$$

$$س = 3436.011910 + \left( \frac{\phi}{120} \right) \times \frac{1}{2} \times \text{نق } r_1^q \text{ ح } 31^{\circ}$$

$$\left( \text{نق } r_1^q \text{ ح } 31^{\circ} - \text{نق } r_1^p \text{ ح } 31^{\circ} \right) \times \left( \frac{\phi}{120} \right) \times \frac{1}{2}$$

$$= 3436.011910 + 965982 + 0.37$$

ويطرح طول قوس خط الطول من الاستواء الى العرض ٢٠° وبإضافة ٨١٠

كيلومتر

$$س = 3436.011910 + 965982 + 0.37$$

$$- 2320.149910 + 810.000 = 828919.849910$$

$$\times_{r_1, \mu} \left[ \left( \frac{\mu}{120} \right) \frac{1}{r_1} + r_1 \left( \frac{\mu}{120} \right) \right] - = \text{ص}$$

$$r_1 \mu \left( \frac{\mu}{120} \right) \frac{1}{0.1} + \left( r_1 \mu - \frac{r_1 \mu \text{ جتا } 21}{r_1^p} \right)$$

$$\left[ \left( r_1 \mu \text{ جتا } 21 + r_1 \mu \text{ جتا } 21 - 18 \text{ جتا } 21 - r_1 \mu \text{ جتا } 21 \right) \right]$$

$$\left[ \text{حد صغیر} + 7774 + 143 \ 257778 \right] - =$$

وإضافة ۶۱۵ کیلو متر

$$\text{ص} = - 143 \ 265752 + 615 \ 000 = 734948 \ 471 \text{ متر}$$

## الباب التاسع

### تاريخ مساقط الخرائط

يرجع تاريخ المساقط إلى وقت بعيد عندما كان الرياضيون والفلكيون في محاولات لتمثيل السماء على الخرائط .

وضمن ماتركه بطليموس ( ٩٠ - ١٦٨ م ) من مؤلفات يوجد شرح لطريقة رسم الكرة السماوية على سطح مستوي ومنها يشرح أيضا طريقة تمثيل الاقواس الكروية . وهذه في الواقع طريقة رسم المسقط الاودولوجرافي . وذكر بطليموس أيضا طريقة أخرى لتمثيل الكرة السماوية والتي تعرف الآن باسم المسقط المجسم أو الاستريوجرافي .

ويرجح أن بطليموس نقل هذين المسقطين عن هيباركوس ( القرن الثاني الميلادي ) العالم الفلكي الشهير .

أما المسقط المركزي فقد كان معروفا قبل هذين المسقطين فقد ظهرت فكرته مع فكرة الأرض الكروية أيام الأغريق .

وبنفس النظر عن استخدام المساقط لتمثيل السماء على الخرائط ، لم تدخل فكرة الاسقاط لمعالم سطح الأرض إلا بعد أيام ايراتوستين ( ٢٧٦ - ١٩٥ ق . م ) الذي رسم خريطة عليها خطوط الطول والعرض المستقيمة وهي

الخريطة التي قام بتصحيحها من بعده هيباركس ثم مارينوس ( القرن الثاني الميلادي ) . وخريطة ايراقوستين والتي صبحت بمعرفة هيباركس ثم مارينوس لا تخضع لاي من القواعد الهندسية المعروفة الآن عن المساقط .

### مساقط بطليموس

اما بطليموس فيعتبر أول من استعان بفكرة الإسقاط في رسم الخرائط الجغرافية . ففى خرائط بطليموس التي رسمها لكل دولة نجد أنه يرسم خطوط الطول والعرض خطوطاً مستقيمة متعامدة - إذ أنه كان علم بأن المناطق الصغيرة من سطح الأرض لا تتأثر كثيراً بالانحناء الكروي - وعلى ذلك يمكن إهمال الأخطاء الصغيرة التي قد تظهر بعيداً عن مركز الخريطة .

كما كان بطليموس على علم بأنه عند رسم خريطة تبين العالم كله يجب عليه اتخاذ بعض الاحتياطات الهندسية والتي بها يتعاملون ظاهراً الأخطاء . ولذلك اتخذ بطليموس نوعين من المساقط عندما قام برسم خرائط العالم .

النوع الأول وفيه ظهرت خطوط العرض أقواس دوائر لها نفس المركز الذي يقع خارج حدود الخريطة . كما رسمت خطوط الطول مستقيمة وتتقارب من بعضها كلما اتجهت شمالاً وتقترب في نقطة خارج الخريطة . أما المنطقة الواقعة للجنوب من الاستواء فرسمت خطوط الطول فيها متقاربة في الاتجاه الجنوبي . وبذلك تقابلت خطوط الطول الشمالية مع خطوط الطول الجنوبية عند الاستواء في شكل زوايا .

وهذا المسقط يشبه المسقط المعروف حالياً بالمسقط المخروطي البسيط فيما عدا الأخطاء التي ظهرت جنوب الاستواء .



شكل ١١٠  
خريطة بطليموس



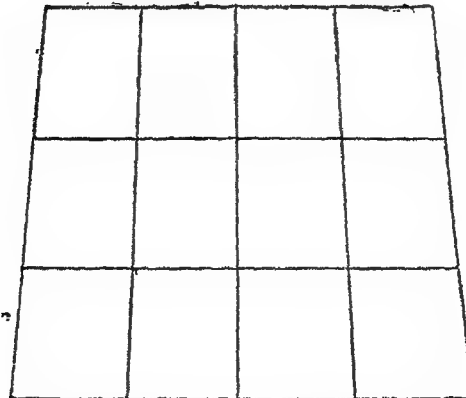
شكل ١١١  
خريطة بطليموس

وعلى النزع الثاني من المسائط الذي أخذ بطليموس لخريطة العالم فدل عليه ظهرت كلا من خطوط الطول وخطوط العرض منحنية . ويظن أنه صنع هذا المسقط لتعديل المسقط الأول . وعلى كل ففكر كلا المسقطين فوجد أن التشويه يتزايد كلما ابتعدنا عن مركز الخريطة .

هذا المسقط الثاني لبطليموس قريب الشبه من المسقط المعروف حاليا باسم مسقط بون . وقد قام فالديسيمولر بتطوير مسقط بطليموس الثاني ورسم عليه خريطة العالم المعروفة للعالم عام ١٥٠٧ .

#### مساقط عصر النهضة وبداية عصر الكشوف الجغرافية

من المعروف أن خرائط عصر النهضة بدأت بترجمة مؤلفات بطليموس . الجغرافية التي كانت تحتوي على العديد من الخرائط . وصاحب تلك الترجمة تعديلات وتصحيحات وإضافة إلى خرائط بطليموس الأصلية . وظهرت في موجة الترجمة هذه مسقطا جديدا في شكله ويشبه إطاره شكل شبه المنحرف ولكنه لا يتميز بأية خصائص كما أنه لا يخضع للقواعد الهندسية المعروفة الآن في المساقط .



شكل ١١٢

وفي بداية عصر الكشوف الجغرافية ظهرت خرائط هلي ما يسمى إسقاط مستوى وعليها كانت خطوط العرض مستقيمة ومتوازية وفي أماكها المضبوطة لاذ أن تحديد موقع خط العرض كان ممكنا بدقة عالية أما خطوط الطول فكانت معرصة لأخطاء في مراقبتها .

أما خرائط البورتولانو التي كانت ترسم في جنوة بإيطاليا لحوال البحر المنوط والمناطق المجاورة وكذلك الخرائط الأولى للبحيط الهندي في ذلك الوقت فبالرغم من الدقة العالية للمعالم الجغرافية التي ظهرت على الخرائط إلا أنها لم تعتمد على أى مسقط من المساقط .

#### مركيتور

جاء مركيتور وسلك طريقا متحررا عن طريق بطليموس . قام مركيتور برسم خريطة لأوربا عام ١٥٥٤ على مسقط محروطي بعرضين رئيسيين كما قام بعمل المسقط المعروف باسمه والذي أستخدمه في رسم خريطة العالم البحرية عام ١٥٦٩ وعلى هذه الخريطة كتب مركيتور طريقة رسم المسقط .

وبعد مركيتور ولبدء من القرن السابع عشر أنفتح ذهن الكارتوجرافيين على إيجاد مساقط متنوعة . فقام سائمون الفرنسي بعمل المسقط المقرون باسمه ولسم فلامستيد الانجليزي ولكن سائمون هو الذي وضع قواعد هذا المسقط وخصائصه أما فلامستيد فقد نقله عنه وطبقه في رسم بعض الخرائط .

كما ظهر بعد ذلك المسقط الكروي في فرنسا وتناوله بعض الكارتوجرافيون بالتعديل ولكن بدون اهتمام كبير نظرا لأنه لا يتحوى على خصائص هندسية معينة ، اللهم إلا سهولة رسمه .



شكل ١١٣  
خريطة مكنيتور للعالم

### مساقط القرن الثامن عشر

شهد القرن الثامن عشر على يد لامبرت مجموعة كبيرة من المساقط رثى نفس الوقت كان مردوخ فى انجلترا على اهتمام كبير بالمساقط الجغرافية . وكان اهتمام كليهما بالمساقط المخروطية .

قام ماردوخ بدراسة ثلاثة أنواع متطورة من المسقط المخروطى البسيط كل نوع منها يحقق ميزة معينة .

أما لامبرت وهو المبانى ، فقد قدم إلى المساقط عددا لم يقدمه غيره من المسكارتوجرافيين . فقام بإعداد المساقط الآتية :

١ — المخروطى متساوى المساحات بعرض رئيسى واحد وهو المسقط المعروف بأسمه .

٢ — المخروطى التشابهى بعرضين رئيسين .

٣ — الاسطوانى متساوى المساحات .

٤ — الاسطوانى المستعرض متساوى المساحات .

٥ — الانجهاى متساوى المساحات .

وجدير بالذكر أن تلك المساقط بالذات ما زالت تعتبر الأساس العريض فى عمليات إنشاء الخرائط .

وفى هذا القرن أيضا قام البروت بتصميم المسقط المعروف بأسمه وهو المخروطى متساوى المساحات بعرضين رئيسيين ولتكن المسقط لم يعرف إلا فى نهاية القرن التاسع عشر .

وفي القرن الثامن عشر عاش كاسيني وهو حفيد كاسيني الذي رسم خريطة فرنسا في أرضية مرصده بباريس . وهذا الحفيد قام بتصميم مسقط مازال معروفاً باسمه . وعلى هذا المسقط قام بتوقيع نتائج عمليات المثلثات الخاصة بفرنسا والتي كانت أول عملية مساحة منظمة شاملة لدولة بأكملها . وأدت هذه العملية إلى مجموعة من الخرائط الطبوغرافية الدقيقة التفاصيل والتي تمت بعد وفاته .

في عام ١٨٠٥ صمم مولفايدي المسقط المعروف باسمه .

وبعد ذلك الوقت وحتى الآن يظهر من وقت لآخر مسقط جديد أو تعديل لمنطق قديم . وتقترن المناطق الجديدة بأسماء صانعيها ونذكر منهم أيسكرت - وينكل - فان دير جرينتن - جول - هامار .

# الباب العاشر

## اختيار المسقط

### علاقة المسقط بالموقع

باستعراض المساقط المتعددة التي ذكرت ، نجد أنها قسمت من حيث طريقة الإنشاء إلى مجموعتين رئيسيتين هي : المعدلة والاسطوانية والخرائطية والاتجاهية . وفي الواقع يتفق هذا التقسيم مع الهيكل الجغرافي لمخطوط الطول والعرض المرسومة على سطح الأرض .

١ — فعند تمثيل منطقة إستوائية على خريطة يكون أحد المساقط الاسطوانية اختياراً ملائماً ، إذ ينتقل الاستواء إلى الخريطة مساوياً لطوله الأصلي على الأرض ويكون شكله مستقيماً . ومن ثم يصبح تشكيل المسقط سهلاً من حيث الحساب والرسم .

٢ — وعند تمثيل منطقة تقع بين الاستواء والقطب يكون أحد المساقط الخروطية ملائماً ، إذ ينتقل خط العرض الرئيسي إلى الخريطة مطاباً لطوله الأصلي على الأرض ويكون على شكل قوس من دائرة . ومن تلك البداية يمكن إكمال المسقط بسهولة .

٣ — وعند تمثيل منطقة قطبية يكون أحد المساقط الاتجاهية ملائماً ، إذ تنتقل جميع خطوط الطول المتساوية عند القطب الأرضي بمنطقة بنفس الزوايا الأصلية على سطح الأرض . أي أن خطوط الطول ستظهر على المسقط في صورة حزمة من المستقيمات المتساوية في نقطة وتكون الزوايا بينهما مساوية للزوايا

المناظرة على سطح الأرض . ومن ثم يمكن لكل المسقط بالسهولة المعروفة في حالات المساقط الاتجاهية القطبية .

٤ - وعند تمثيل العالم كله أو نصفه على خريطة يحسن الالتجاء إلى أحد المساقط المعدلة التي تعالج المنطقة ككل والتي تبدأ بتحديد شكل المحيط الخارجى للمسقط - مرة على شكل دائرة ومرة على شكل قطع ناقص ، ... ثم يستكمل الهيكل الجغرافى للخريطة داخل الإطار المحدد للمسقط .

ولا يعتبر هذا التقسيم قاطعا في عملية اختيار المسقط ولكنه متبع في كثير من الحالات . ويلزم أن تكون على بينة من أن الاسطوانة هي حالة خاصة من المخروط تكون فيها زاوية رأس المخروط صفرا . كما وأن المستوى الذى يستخدم في حالة الإسقاط الاتجاهى هو أيضا حالة خاصة من المخروط والذى فيه تكون زاوية رأس المخروط  $90^\circ$  .

ويلزم أيضا أن نعرف أنه عند أى مكان على سطح الأرض يمكن الإسقاط بأى طريقة من الطرق المعروفة ولكن الإسقاط مع مراعاة التقسيم السابق يجعل الحساب أسهل ما يمكن .

فتلا عند مكان عرضه  $90^\circ$  شمال يمكن استخدام الإسقاط المخروطى بحيث يمس المخروط سطح الأرض حول دائرة العرض  $90^\circ$  شمال .

ويمكن أيضا الإسقاط على مستوى يمس الأرض عند هذا المكان ويمكن الإسقاط على اسطوانة تمس الأرض حول خط الطول الذى يمر بهذا المكان أو اسطوانة تمس الأرض حول دائرة عظمى تمر بهذا المكان ( وفى هاتين الحالتين الأخيرتين يسمى المستقيمان الناتجين إسطوانى مستعرض ، واسطوانى منحرف ) .

ولكن الاسقاط المخروطى أ- لها كلها فى الحساب .

علاقة المنسقط بالفرض المطلوب منه عمل الخريطة

بتحكم الفرض المطلوب منه عمل الخريطة فى اختيار المنسقط المطلوب . هناك أغراض متعددة لرسم الخرائط ولا بد أن نراعى أن المنسقط المختار للخريطة يحقق الخصائص الهندسية التى تفي بهذه الأغراض .

والخرائط الجغرافية المرسومة بمقاييس صغيرة تستخدم فى الأغراض الآتية .

١ - بيان التوزيعات .

٢ - بيان الاتجاهات المتساوية من مكان معين .

٣ - بيان المسافات المتساوية من مكان معين .

٤ - الملاحظة باتباع خطوط العير الثابتة الاتجاه .

٥ - الملاحظة باتباع أقصر المسافات .

٦ - بيان الشكل المجمع للارض .

١ - ولرسم خريطة للتوزيعات يلزم أن يكون المنسقط متساوى المساحات . والمساقط متساوية المساحات التى تم استعمالها هى المولفسايدى والماتسون فلامستيد والاسطوانى متساوى المساحات ولا مبرت المخروطى متساوى المساحات والبرز والاتجاهى متساوى المساحات . وعلى ذلك يتم اختيار أحد هذه المساقط لخرائط التوزيعات مع مراعاة موقع المنطقة المطلوب بيانها كما سبق ، ومع مراعاة العلاقات التى ستذكر فيما بعد .

٢ - ولرسم خريطة تعطى الاتجاهات الحقيقية من مكان معين يلزم أن يكون المنسقط لاتجاهى ومركزه عند هذا المكان . وهذا النوع من الخرائط

يستخدم أيضا في محطات الإرسال اللاسلكي حتى تعرف المحطة على الاتجاهات الحقيقية للأماكن التي يمكنها استقبال الإذاعة وبذلك تتمكن المحطة من توجيه الموجات إلى تلك الأماكن .

والمساقط الاتجاهية التي تم استعراضها هي المركزية والاستريوجرافية والاورثوجرافية والمتساوي المسافات والمتساوي المساحات ؛ ويمكن اختيار واحد منها طبقا للأغراض الأخرى المطلوبة .

٣ - ولرسم خريطة تعطى المسافات الحقيقية من مكان معين يلزم أن يكون المسقط اتجاهي متساوي المسافات .

وهذا النوع من المساقط يستخدم أيضا في خرائط محطات الإرسال اللاسلكي المشروحة في البند السابق لتمطى المسافات الحقيقية بالإضافة إلى الاتجاهات الحقيقية من موقع المحطة - كما يستخدم أيضا هذا المسقط في الخرائط التي تبين خطوط الملاحة الجوية من مركز رئيسي يكون عادة عاصمة لإحدى الدول .

وفي هذا المجال لابد وأن نوضح أنه لا يوجد مسقط يحقق المسافات المتساوية في جميع أنحاء الخريطة - كما وأن هناك مساقط تعطى المسافات المتساوية على خط من خطوط الطول أو العرض أو كليهما معا أو أكثر من ذلك . فالمساقط الاسطوانية تحقق تساوي المسافات على خط الاستواء ، كما وأن المسقط الاسطوانى البسيط يحقق بالإضافة إلى ذلك تساوي المسافات على جميع خطوط الطول ، وذلك بالطبع يقابله تشويه في خطوط العرض يتزايد كلما ابتعدنا عن العرض الرئيسى .

(ب) والمساقط المخروطية تحقق تساوى المسافات على خط العرض الرئيسى -  
أو خطى العرض الرئيسيين - بالإضافة إلى بعض الخطوط الأخرى :

١ - فى المخروطى البسيط وفى المخروطى بعرضين رئيسيين تكون  
المسافات صحيحة على خطوط الطول .

٢ - وفى متعدد المخاريط وفى بون تكون المسافات صحيحة على كل خطوط  
العرض وعلى خط الطول الأوسط .

(ج) ومسقط راسون فلاسيتد يحقق المسافات المتساوية على كل خطوط  
العرض وعلى خط الطول الأوسط .

٤ - ولرسم خريطة تستخدم فى الملاحة بالتابع خطوط العرض الثابتة الإتجاه  
يلزم أن يكون المسقط تشابهي .

والمساقط التشابهيّة التى تم إستعراضها هى مسقط مركيتور والمسقط  
الاستريوجرافى .

والمعروف أن التشويه يتزايد فى مسقط مركيتور كلما ابتعدنا عن الاستواء  
ولذلك لا يستخدم هذا المسقط لتمثيل المناطق القطبية ويستبدل بالمسقط  
الاستريوجرافى القطبى .

٥ - ولرسم خريطة تستخدم فى الملاحة بالتابع أنهر الطرق يلزم أن يكون  
المسقط مركزى . وهو المسقط الوحيد الذى فيه تمثل الخطوط المستقيمة على  
الخريطة الدوائر العظمى ( أنهر المسافات ) على سطح الأرض .

٦ — ورسم خريطة تبين الشكل المجسم للككرة الأرضية - تبرز تكورها -  
يلزم لاستخدام المسقط الأورثوجرافي ، فهو مسقط منظور يقع مركز الإسقاط  
فيه عند اللانهاية . لذلك يمثل هذا المسقط شكل الأرض كما يراها الإنسان من  
مكان بعيد جدا عنها .

هذا المسقط يستخدم كثيرا في خرائط الأطالس الحديثة التي تعنى بدراسة  
الأرض كشكل ، كما يستخدم في السكيب الجغرافية لتوضيح الشرح الخاص بالمعالم  
العامة للككرة الأرضية .

أحيانا يستعاض عن المسقط الأورثوجرافي بالمسقط الاستريوجرافي وذلك  
لصعوبة إجراء حسابات الأورثوجرافي وإسبوبة لإجراء حسابات الاستريوجرافي  
وأیضا لصعوبة رسم القطاعات الناقصة في الأورثوجرافي وإسبوبة رسم أقواس  
الدوائر في الاستريوجرافي . ويعطى الاستريوجرافي صورة مجسمة لشكل الأرض  
بدرجة مقبولة ولكنها ليست بالتجسيم الذي يعطيه الأورثوجرافي .

٧ — بالإضافة إلى الأغراض السابقة تتضمن الأطالس عادة خرائط  
فلكية . والخرائط الفلكية رسم عادة بالمسقط الاستريوجرافي حتى يمكن  
استخدامها في قياس بعض العناصر كما أنه يمكن متابعة حركة الأجرام السماوية  
عليها . وترسم الخرائط الفلكية أيضا على المسقط الإنجهاى متساوى المسافات  
القطبي وفي هذه الحالة ترسم الككرة السماوية في مسطتين متجاورين أحدهما للنصف  
الشمال والآخر للنصف الجنوبي .

وفي كثير من الأطالس الحديثة ظهرت خرائط القمر مرسومة بالمسقط  
الاستريوجرافي الإستوائى في جزئين أحدهما للنصف المواجه للأرض والجزء  
الآخر للنصف الثانى .

علاقة المسقط بالتساع وشكل المنطقة المطلوب رسمها

أولاً : من حيث الاتساع

١ - عند رسم قارة مثل أفريقيا على المساقط المختلفة التي تصلح لذلك مثل مركيتور وسانسون فلاميتيد ومولغايدى : الانحسار ممتد على المسافات والاتجاه ممتد على المساحات والكروى والاستريوجرافى والاورثوجرافى ... نجد أن هناك فروقاً فى الأشكال الناتجة . وتظهر تلك الفروق فى شكل الهيكل الجغرافى الذى فيه تكون خطوط الطول مستقيمة أحياناً ومنحنية أحياناً وتكون خطوط العرض مستقيمة أحياناً ومنحنية أحياناً كما تختلف درجة الانحناء من مسقط إلى آخر .

٢ - وإذا رسمنا قارة أفريقيا والبحار والمحيطات المحيطة بها - أى امتدت الخريطة غرباً لتشمل المحيط الأطلسى حتى سواحل الأمريكتين وامتدت شرقاً لتشمل المحيط الهندى حتى سواحل الهند وجزر الهند الشرقية وسواحل أستراليا وامتدت شمالاً لتشمل البحر المتوسط وأجزاء من أوروبا وامتدت جنوباً حتى سواحل القارة القطبية الجنوبية - على نفس المساقط التى تصلح لأفريقيا ، لوجدنا أن الفروق فى الأشكال قد زادت وأضحت . ذلك يحدث لزيادة الانحناءات فى خطوط الطول والعرض كلما ابتعدنا عن المركز نحو أطراف الخريطة .

٣ - وإذا رسمنا إحدى دول أفريقيا أو منطقة من هذه القارة على مساقط مختلفة فانتنا نجد أن الفروق بين الأشكال الناتجة صغيرة لا تذكر . وذلك لأن الفرق بين الخط المستقيم والخط المنحنى الذى يناظره يكون صغيراً فى المناطق المحدودة الاتساع .

من هنا يتبين أن تحديد المسقط المطلوب لرسم منطقة صغيرة من العالم بمقياس صغير يتفق مع خرائط الأطلس ، لا يؤثر كثيرا على الشكل الناتج لأن معظم المسافات تؤدي إلى أشكال متقاربة .

وكما زادت المنطقة في الإتساع كلما انضحت الحاجة إلى تحديد خصائص المسقط المطلوب وبالتالي إلى تحديد لاسم المسقط .

### ثانيا : من حيث الشكل

١ عند البحث عن مسقط يصلح لتمثيل الساحل الغربي لأفريقيا الجنوبية الذي يمتد من العرض ٨° شمال إلى العرض ٥٥° جنوب في حين يبلغ إتساعه مع خطوط الطول ١٠° درجات تقريبا — يحسن البحث عن مسقط يحقق المسافات المتساوية مع خط الطول المتوسط في هذه المنطقة وهو خط الطول ٧٠° غرب . والمسافات التي تحقق ذلك هي الخطان ١٠° و ٧٠° غرب .

٢ — عند البحث عن مسقط يصلح لتمثيل المنطقة التي تشمل الحدود السياسية بين كندا والولايات المتحدة والتي تمتد من الطول ٩٧° غرب إلى الطول ١٢٣° غرب في حين يبلغ إتساعها مع درجات العرض ٤° درجات تقريبا — يحسن البحث عن مسقط يحقق المسافات المتساوية مع خط العرض المتوسط في تلك المنطقة وهو خط العرض ٤٧° شمال . ومعظم المسافات المنحروية تحقق هذا العرض .

من هنا يتضح أن شكل المنطقة المطلوب تمثيلها على الخريطة يتدخل في تحديد المسقط المطلوب .

اختيار المسقط مع مراعاة شكل هيكله الجغرافي

كما سبق يتضح أن اختيار المسقط يتم مع مراعاة الآتي :

١ - مرفق المنطقة .

٢ - الغرض المطلوب منه عمل الخريطة .

٣ - اتساع المنطقة وشكلها .

ورحتى مع مراعاة تلك الظروف فإننا نعمل أحيانا إلى مسقطين أو ثلاثة أو أكثر تحقق المطلوب ، عندئذ تراعى ظروف جديدة وهى :

أولا : الحسابات : والمعروف أن بعض المسافات لا تتطلب حسابات معقدة خصوصا تلك التى يدخل فى تكوينها الخطوط المميتقيمة أو أقواس الدوائر وعادة يلجأ الكارتوجرافى إلى المسقط الذى لا يحتاج إلى حسابات معقدة .

ثانيا : طريقة الرسم : وبالنسبة يفضل الكارتوجرافى المسقط الذى يدخل فى تكوينه الخطوط المستقيمة وأقواس الدوائر بسهولة رسمها .

ثالثا : بالإضافة إلى العنصرين السابقين لابد وأن نتذكر دائما أن الخريطة تمثل سطح الأرض الكروى وأن خطوط الطول وخطوط العرض على سطح الأرض أقواس دوائر ولذلك كلما كانت خطوط الطول والعرض على الخريطة منحنية كلما كانت الخريطة أقرب شكلا من سطح الأرض ، وليس معنى ذلك

أن نستبعد المساقط التي يدخل في تشكيلها الجغرافي الخطوط المستقيمة ؛  
فأحيانا يلزم أن نسكرن الخريطة على مسقط مركبتور أحيانا لابد وأن تكون  
الخريطة على مسقط مركزي وهذان المسقطان لا يخلوان من الخطوط المستقيمة

ولكن لو كان الكارتوجرافي يصدد إنشاء مجموعة من الخرائط كما في حالة  
الاطلس فيستحسن أن ينوع من المساقط المستخدمة وهنا يلزم التنرية مرة أخرى  
إلى استخدام المعطف. الاورثوجرافي في خرائط. الاطلس الذي يمطى جمالا  
وتجسيميا للشكل الحقيقي للأرض بالرغم من صعوبة حساباته ورسمه .

الباب الحادي عشر

ملاحق

ملحق (۱)

طریقه رسم و جمع ناصی

للقطع الناقص خصائص هندسية كثيرة . ومن تلك الخصائص يمكن استنتاج طرق مختلفة لرسمه . والقطع الناقص يظهر في المسقط الأورثوجرافي ومسقط مولفايدي بعد حساب أطوال مجاورة . ولذا ستذكر في هذا المالحق الطرق المختلفة لرسم القطع الناقص معلومية أطوال محوريه .

### الطريقة الأولى

مثال : لرسم قطع ناقص طول محوره الأكبر ۷۰ مم وطول محوره الأصغر

• ۲۷

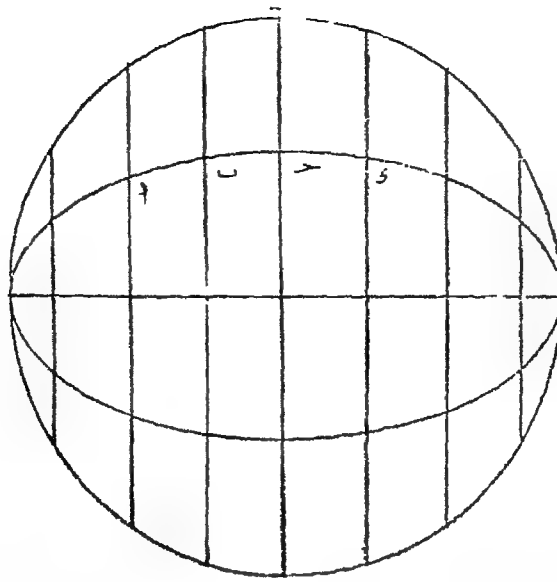
يتبع الآتى :

١ - ترسم دائرة قطرها ٧٠ مم ورسم بداخلها قطرين متعامدين أحدهما في اتجاه المحور الأكبر للقطع والثاني في اتجاه المحور الأصغر له .

٢ - رسم مجموعة من الأوتار نوازي لتجانب المجوار الأصغر للقطع - وكلما كان عدد الأوتار كبيراً كلما ساعد ذلك على تحديد شكل القطع بدقة عالية .

٢ - على الأوتار المرسومة تحدد النقاط ا، ب، ج، د، هـ، و، ز، ح، ط، ي، والى

أقسام المسافة من منتصف الوتر إلى محيط الدائرة بنسبة  $\frac{27}{7}$



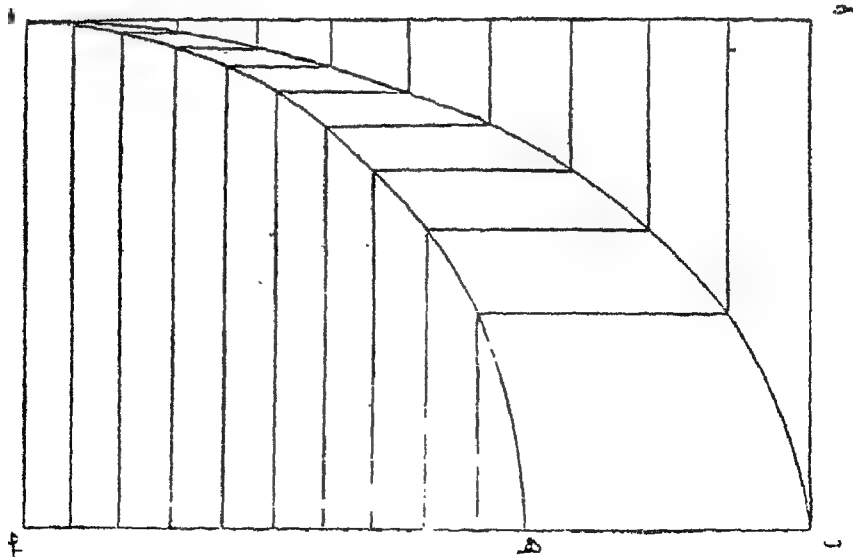
شكل ١١٤ -

٤ - فصل النقط د ، ب ، ح ، ز ، ... فينتج القطع الناقص المطلوب .

الطريقة الثانية

مثال : لرسم قطع ناقص طول محوره الأكبر ٢٠ سم وطول محوره الأصغر ١٢ سم .

- تابع الآن لرسم ربع القطع .



شكل ١١٥ -

١ — رسم مستطيل  $AB$  و  $و$  ضلعه  $AB$  يمثل نصف المحور الأكبر (١٠ سم) و ضلعه  $و$  يمثل نصف المحور الأصغر (٦ سم) .

٢ — ترسم ربع دائرة مركزها  $و$  ونصف قطرها  $و$  (٦ سم) ، تقطع  $AB$  في  $هـ$  .

٣ — تقسم  $هـ$  إلى عدد من الأقسام المتساوية (١٠ أقسام) وتقيم الأعمدة على  $AB$  عند نقط التقسيم لتقابل محيط ربع الدائرة .

٤ — تقسم  $و$  إلى نفس العدد من الأقسام المتساوية (١٠) وتقيم الأعمدة على  $و$  عند نقط التقسيم .

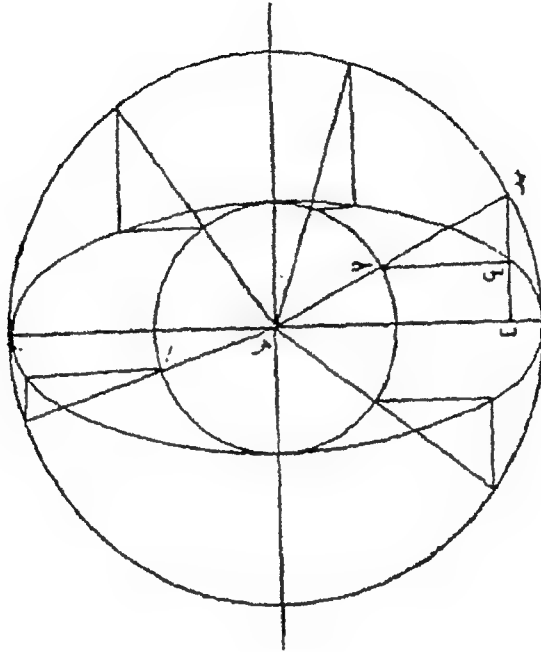
٥ — من كل نقطة على محيط الدائرة حصلنا عليها في الخطوة (٣) نرسم موازياً للنقط  $AB$  يتقابل الخط الممردى على  $و$  د المناظر له في نقطة ، تقمع على محيط القطع الناقص .

٦ — نصل النقط التي حصلنا عليها في الخطوة (٥) .

### الطريقة الثالثة

مثال : لرسم قطع ناقص طول محوره الأكبر ٧٠ مم وطول محوره الأصغر ٣١ مم .

١ — نرسم المحورين المتعامدين للقطع ومن المركز (م) نرسم دائرتين قطر أحدهما ٧٠ مم وقطر الثانية ٣١ مم .



شکل ۱۱۶

٢ — نأخذ نقطة مختلفة مثل  $a$  على محيط الدائرة الكبرى ومنها نسمك عمود  $ab$  على المحور الأكبر.

٣ - نصل  $AM$  ليقطع الدائرة الصغرى في  $H$ .

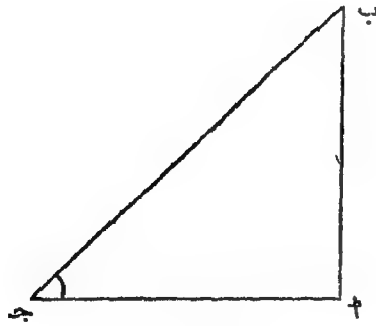
٤ — عند مركز مواءيا المحاور الأكبر للقطع يقابل  $\Gamma$  في نقطة  $S$  التي تقع على محيط القطع الناقص .

٩ - نكرر الخطوات الثلاثة السابقة لنحصل على باقى نقط القطع الناقص ونصل بينها .

## ملحق (٢)

بعض قوانين حساب المثلثات المستوية

- أولاً : في المثلث  $ABC$  حيث  $C$  القائمة الزاوية عند  $C$  . نطلق على الضلع  $BC$  هو الوتر .  
ونطلق على الضلع  $AC$  المقابل لزاوية  $B$  هو لاسم المقابل .  
ونطلق على الضلع  $AB$  المجاور لزاوية  $B$  هو لاسم المجاور .



شكل (١١٧)

$$\frac{AC}{BC} = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}} = \sin B$$

$$\frac{BC}{AB} = \frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}} = \cos B$$

$$\frac{AC}{AB} = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \tan B$$

ثانياً : لأي زاوية مثل  $B$

$$\frac{1}{\sin B} = \csc B, \quad \frac{1}{\cos B} = \sec B, \quad \frac{1}{\tan B} = \cot B$$

$$\frac{\sin B}{\cos B} = \tan B$$

$$\sin^2 B + \cos^2 B = 1$$

$$\sin(180^\circ - B) = \sin B$$

$$\cos(180^\circ - B) = -\cos B$$

$$\tan(180^\circ - B) = -\tan B$$

$$\sin(90^\circ - B) = \cos B$$

$$\cos(90^\circ - B) = \sin B$$

$$\tan(90^\circ - B) = \cot B$$

$$\text{جا } ۲ = \text{جا } ح \quad \text{جا } ۲ = \frac{\text{جا } ح}{۲} \quad \text{جا } ۲ = \frac{\text{جا } ح}{۲}$$

$$\text{جتا } ۲ = \text{جتا } ح - \text{جتا } ح^۲ \quad \text{جتا } ۲ = \frac{\text{جتا } ح}{۲} - \frac{\text{جتا } ح^۲}{۲}$$

$$\text{جتا } ۲ = ۱ - \text{جتا } ح^۲ \quad ۱ - \frac{\text{جتا } ح^۲}{۲} =$$

$$۱ = \text{جتا } ۲ - \text{جتا } ح^۲ \quad ۱ = \frac{\text{جتا } ح^۲}{۲} - ۱$$

$$\frac{\text{جتا } ح^۲}{۲} = ۱ - \text{جتا } ۲ \quad \frac{\text{جتا } ح^۲}{۲} = ۱ - \text{جتا } ح^۲$$

ثالثا : لای زاوینین مثل و ع ب

$$\text{جا } (۱ + ح) = \text{جا } ح + \text{جتا } ح$$

$$\text{جتا } (۱ + ح) = \text{جتا } ح - \text{جا } ح$$

$$\frac{\text{جتا } ح + \text{جا } ح}{۱ - \text{جتا } ح} = (۱ + ح)$$

$$\text{جا } ۱ + \text{جا } ح = \frac{\text{جتا } ح + \text{جا } ح}{۲} \quad \text{جا } ۱ + \text{جا } ح = \frac{\text{جتا } ح + \text{جا } ح}{۲}$$

$$\text{جا } ۱ - \text{جا } ح = \frac{\text{جتا } ح - \text{جتا } ح}{۲} \quad \text{جا } ۱ - \text{جا } ح = \frac{\text{جتا } ح - \text{جتا } ح}{۲}$$

$$\text{جنا } ۱ + \text{جنا } ۲ = \frac{۱ + ۱}{۲} \text{ جنا } \frac{۱ - ۱}{۲}$$

$$\text{جنا } ۱ - \text{جنا } ۲ = \frac{۱ + ۱}{۲} \text{ جا } \frac{۱ - ۱}{۲}$$

$$۲ \text{ جا } ۱ \text{ جا } ۲ = \text{جنا } (۱ - ۱) - \text{جنا } (۱ + ۱)$$

$$۲ \text{ جنا } ۱ \text{ جنا } ۲ = \text{جنا } (۱ - ۱) + \text{جنا } (۱ + ۱)$$

$$۲ \text{ جا } ۱ \text{ جنا } ۲ = \text{جا } (۱ + ۱) + \text{جا } (۱ - ۱)$$

$$۲ \text{ جنا } ۱ \text{ جا } ۲ = \text{جا } (۱ + ۱) - \text{جا } (۱ - ۱)$$

زأبعاً : فی آی مثلك مثل ا ب ح

$$\frac{\text{جا ح}}{\text{ا}} = \frac{\text{جا ب}}{\text{ح}} = \frac{\text{جا ا}}{\text{ب}}$$

$$\text{ب ح}^۲ = \text{ح ا}^۲ + \text{ا ب}^۲ - ۲ \text{ ح ا} \cdot \text{ا ب} \cdot \text{جنا } ۱$$

$$\text{ح ا}^۲ = \text{ا ب}^۲ + \text{ب ح}^۲ - ۲ \text{ ا ب} \cdot \text{ب ح} \cdot \text{جنا } ۱$$

$$\text{ا ب}^۲ = \text{ب ح}^۲ + \text{ح ا}^۲ - ۲ \text{ ب ح} \cdot \text{ب ح} \cdot \text{جنا } ۱$$

## قائمة المصطلحات

Distortion	تشويه	Bearing	اتجاه - من الشمال
Radian	تقدير دائري زاوية	Azimuth	اتجاه ، عزيمية
	ث	Course	اتجاه خط السير
	ثابت المخروط	Azimuthal , Zenithal	اتجاهي
Constant of the cone		Co - ordinate	إحداثائي
	ج		استريو جرافي - مجسم
South	جنوب	Stereographic	
Sine - sin	جيب (زاوية) - ج	Equator	إستواء
Cosine - cos	جيب تمام - جتا	Equatorial	إستوائي
	خ	Cylinder	أسطوانة
Map , Chart	خريطة	Cylindrical	أسطواني
Meridian	خط طول	Projection	إسقاط
	خط عرض - دائرة عرض	Albers	ألبرز (كارتوجرافي)
Parallel of latitude		Border	إطار
	د	Atlas	أطلس
Circle	دائرة		ب
Small circle	دائرة صغرى	Boggs	بورجس (كارتوجرافي)
Great circle	دائرة عظمى	Bonne	بون (كارتوجرافي)
Circular	دائري		ت
Degrees	درجة		تشابهي
	ز	Conformal orthomorphic	
Angle	زاوية		

فلامسٹید (کارٹوگرافی)

Flamsteed

Astronomy فلک (علم)

ق

Secant - sec قاطع (زاویہ) - فا

Cosecant - cosec قاطع تمام - قتا

Sector قطاع (دائری)

Pole قطب

Polar قطبی

Diameter قطر

Segment قطعہ (دائریہ)

Hyperbola قطع زائد

Parabola قطع مکافہ

Ellipse قطع ناقص

ک

کافرایسکی (کارٹوگرافی)

Kavraisky

Crater کراسٹر (کارٹوگرافی)

Sphere کُرة

Globe کرة ارضیہ

Globular کروی

Spheroidal کروی

Spherical کروی

Planet کوکب

ل

Lambert لامبرت (کارٹوگرافی)

س

Sanson سانسون (کارٹوگرافی)

ش

East شرق

North شمال

ص

صحیح - اورٹوگرافی

Orthographic

ط

Cap طاقتیہ (کرویہ)

Longitude طول

ظ

Tangent - tan ظل (زاویہ) - ظا

Cotangent - cot ظل تمام - ظتا

ع

World عالم

Latitude عرض

عرض رئیسی

Standard latitude

غ

West غرب

ف

فاندر جرینتن (کارٹوگرافی)

Van Der Grinten

Conventional معادل

Scale مقياس

Zone منطقه كروية

Perspective منظور

Navigation ملاحه

مولفايدى (كارتوجرافى)

ن

Radius نصف قطر

Star نجم

هـ

Hammer هامار (كاتوجرافى)

Graticule هيكل جغرافى

و

Chord وتر (دائرى)

Winkel وينكل (كاتوجرافى)

م

Equal area متساوى المساحات

Equidistant متساوى المسافات

Polyconic متعدد المخاريط

Interrupted متقطع

Co—latitude متمم العرض

بجسم — استريوجرافى

Stereographic

Circumference محيط (دائرة)

Cone مخروط

Conic مخروطى

Gnomonic مركزى

مركبكتور (كاتوجرافى)

Mercator

Area مساحة

Surveying مساحة

Transverse مستعرض

Projection مـقطـ